

# GLACIAL OCH PERIGLACIAL GEOMORFOLOGI PÅ VARANGER- HALVÖN, NORDNORGE

Geomorfologisk kartering med analys av  
glaciala former och blockhav

BO MALMSTRÖM & OWE PALMÉR



MEDDELANDEN  
FRÅN LUNDS UNIVERSITETS  
GEOGRAFISKA INSTITUTION  
AVHANDLINGAR XCIII

*Diss.  
Rund.  
1985*

MEDDELANDEN FRÅN LUNDS UNIVERSITET  
GEOGRAFISKA INSTITUTION

Serie Avhandlingar

- I. *Herman Richter*: Skånes karta från mitten av 1500-talet till omkring 1700. Bidrag till en historisk-kartografisk undersökning. (1929).
- II. *Josef Westin*: Kulturgeografiska studier inom Nätra-, Näske- och Utbyåarnas flodområden samt angränsande kusttrakter. (1930).
- III. *Herman Richter* och *Wilhelm Norlind*: Orbis Arctoi Nova et Accurata Delineatio Auctore Andrea Bureo Sueco 1626. (1936).
- IV. *Sven Björnsson*: Sommen-Åsundenområdet. En geomorfologisk studie. (1937).
- V. *Arne Sandell*: Tektonik och morfologi inom dalformationen med omgivande urbergsterräng. (1941).
- VI. *Sven Dahl*: Torna och Bara. Studier i Skånes bebyggelse- och näringsgeografi före 1860. (1942).
- VII. *Karl Erik Bergsten*: Isälvsfält kring norra Vättern. Fysisk-geografiska studier. (1943).
- VIII. *Carl Erik Nordenskjöld*: Morfologiska studier inom övergångsområdet mellan Kalmarlädden och Tjust. (1944).
- IX. *Sven Björnsson*: Blekinge. En studie av det blekingiska kulturlandskapet. (1946).
- X. *Karl Erik Bergsten*: Östergötlands bergslag. En geografisk studie. (1946).
- XI. *Tor Holmquist*: Den halländska vinterfiskehamnsfrågan. (1947).
- XII. *Olof Ångeby*: Landformerna i nordvästra Jämtland och angränsande delar av Nord-Trøndelag. (1947).
- XIII. *Axel Wennberg*: Lantbebyggelsen i nordöstra Östergötland 1600-1875. (1947).
- XIV. *Lars Björning*: Skånes jord- och stenindustri. Dess utveckling, lokalisering och betydelse ur näringsgeografisk synvinkel. (1947).
- XV. *Allan Weinhausen*: Norbergs bergslag samt Gunnilbo och Ramnäs till omkring 1820. Studier i områdets närings- och bebyggelsegeografi. (1947).
- XVI. *Helge Stålberg*: Smålands skogs- och träförädlingsindustrier. En näringsgeografisk studie. (1947).
- XVII. *Folke Lågnert*: Veteodlingen i södra och mellersta Sverige. (1949).
- XVIII. *Yngve Nilsson*: Bygd och näringsliv i norra Värmland. En kulturgeografisk studie. (1950).
- XIX. *Olof Ångeby*: Evorsionen i recenta vattenfall. (1951).
- XX. *Karl Erik Bergsten*: Sydsvenska födelseortsfält. (1951).
- XXI. *Folke Lågnert*: Valmansåren på Skånes landsbygd 1911-1948. (1952).
- XXII. *Olof Nordström*: Relationer mellan bruk och omland i östra Småland 1750-1900. (1952).
- XXIII. *Arvid Bergdahl*: Israndsbildningar i östra Syd- och Mellansverige med särskild hänsyn till åsarna. (1953).
- XXIV. *Sven E Behrens*: Morfometrisk, morfogenetisk och tektonisk studier av de nordvästskånska urbergsåsarna, särskilt Kullaberg. (1953).
- XXV. *Torsten Hågerstrand*: Innovationsförloppet ur korologisk synpunkt. (1953).
- XXVI. *Gunhild Weimarck*: Studier över landskapets förändring inom Lönsboda, Örkeneds socken, nordöstra Skåne. (1953).
- XXVII. *Ingemar Larsson*: Structure and Landscape in Western Blekinge, Southeast Sweden. (1954).
- XXVIII. *Sven Godlund*: Busstrafikens framväxt och funktion i de urbana influensfälten. (1954).



GLACIAL OCH PERIGLACIAL GEOMORFOLOGI PÅ VARANGER-  
HALVÖN, NORDNORGE.

Geomorfologisk kartering med analys av glaciala former och blockhav.

GLACIAL AND PERIGLACIAL GEOMORPHOLOGY ON THE VARANGER  
PENINSULA, NORTHERN NORWAY.

Geomorphological mapping with an analysis of glacial forms and block fields.

Bo Malmström & Owe Palmér



MEDDELANDET  
FRÅN LUNDS UNIVERSITETS  
GEOGRAFISKA INSTITUTION  
AVHANDLINGAR XCIII

1984  
THE ROYAL UNIVERSITY  
OF LUND, SWEDEN  
DEPARTMENT OF GEOGRAPHY

ISBN 91-7222-818-0

Adress:

Bo Malmström & Owe Palmér  
Naturgeografiska institutionen  
Sölvegatan 13  
223 62 Lund

Department of Physical Geography  
University of Lund  
Sölvegatan 13  
S-223 62 Lund  
Sweden

Omslag/Cover:

Figur 3:16. Landsatscen över Varangerhalvön.

*Landsat image covering the Varanger Peninsula.*



INNHOLD

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| 1   | INNHOLD | 1   |
| 2   | 1.1     | 2   |
| 3   | 1.2     | 3   |
| 4   | 1.3     | 4   |
| 5   | 1.4     | 5   |
| 6   | 1.5     | 6   |
| 7   | 1.6     | 7   |
| 8   | 1.7     | 8   |
| 9   | 1.8     | 9   |
| 10  | 1.9     | 10  |
| 11  | 1.10    | 11  |
| 12  | 1.11    | 12  |
| 13  | 1.12    | 13  |
| 14  | 1.13    | 14  |
| 15  | 1.14    | 15  |
| 16  | 1.15    | 16  |
| 17  | 1.16    | 17  |
| 18  | 1.17    | 18  |
| 19  | 1.18    | 19  |
| 20  | 1.19    | 20  |
| 21  | 1.20    | 21  |
| 22  | 1.21    | 22  |
| 23  | 1.22    | 23  |
| 24  | 1.23    | 24  |
| 25  | 1.24    | 25  |
| 26  | 1.25    | 26  |
| 27  | 1.26    | 27  |
| 28  | 1.27    | 28  |
| 29  | 1.28    | 29  |
| 30  | 1.29    | 30  |
| 31  | 1.30    | 31  |
| 32  | 1.31    | 32  |
| 33  | 1.32    | 33  |
| 34  | 1.33    | 34  |
| 35  | 1.34    | 35  |
| 36  | 1.35    | 36  |
| 37  | 1.36    | 37  |
| 38  | 1.37    | 38  |
| 39  | 1.38    | 39  |
| 40  | 1.39    | 40  |
| 41  | 1.40    | 41  |
| 42  | 1.41    | 42  |
| 43  | 1.42    | 43  |
| 44  | 1.43    | 44  |
| 45  | 1.44    | 45  |
| 46  | 1.45    | 46  |
| 47  | 1.46    | 47  |
| 48  | 1.47    | 48  |
| 49  | 1.48    | 49  |
| 50  | 1.49    | 50  |
| 51  | 1.50    | 51  |
| 52  | 1.51    | 52  |
| 53  | 1.52    | 53  |
| 54  | 1.53    | 54  |
| 55  | 1.54    | 55  |
| 56  | 1.55    | 56  |
| 57  | 1.56    | 57  |
| 58  | 1.57    | 58  |
| 59  | 1.58    | 59  |
| 60  | 1.59    | 60  |
| 61  | 1.60    | 61  |
| 62  | 1.61    | 62  |
| 63  | 1.62    | 63  |
| 64  | 1.63    | 64  |
| 65  | 1.64    | 65  |
| 66  | 1.65    | 66  |
| 67  | 1.66    | 67  |
| 68  | 1.67    | 68  |
| 69  | 1.68    | 69  |
| 70  | 1.69    | 70  |
| 71  | 1.70    | 71  |
| 72  | 1.71    | 72  |
| 73  | 1.72    | 73  |
| 74  | 1.73    | 74  |
| 75  | 1.74    | 75  |
| 76  | 1.75    | 76  |
| 77  | 1.76    | 77  |
| 78  | 1.77    | 78  |
| 79  | 1.78    | 79  |
| 80  | 1.79    | 80  |
| 81  | 1.80    | 81  |
| 82  | 1.81    | 82  |
| 83  | 1.82    | 83  |
| 84  | 1.83    | 84  |
| 85  | 1.84    | 85  |
| 86  | 1.85    | 86  |
| 87  | 1.86    | 87  |
| 88  | 1.87    | 88  |
| 89  | 1.88    | 89  |
| 90  | 1.89    | 90  |
| 91  | 1.90    | 91  |
| 92  | 1.91    | 92  |
| 93  | 1.92    | 93  |
| 94  | 1.93    | 94  |
| 95  | 1.94    | 95  |
| 96  | 1.95    | 96  |
| 97  | 1.96    | 97  |
| 98  | 1.97    | 98  |
| 99  | 1.98    | 99  |
| 100 | 1.99    | 100 |
| 101 | 2.00    | 101 |
| 102 | 2.01    | 102 |
| 103 | 2.02    | 103 |
| 104 | 2.03    | 104 |
| 105 | 2.04    | 105 |
| 106 | 2.05    | 106 |
| 107 | 2.06    | 107 |
| 108 | 2.07    | 108 |
| 109 | 2.08    | 109 |
| 110 | 2.09    | 110 |
| 111 | 2.10    | 111 |
| 112 | 2.11    | 112 |
| 113 | 2.12    | 113 |
| 114 | 2.13    | 114 |
| 115 | 2.14    | 115 |
| 116 | 2.15    | 116 |
| 117 | 2.16    | 117 |
| 118 | 2.17    | 118 |
| 119 | 2.18    | 119 |
| 120 | 2.19    | 120 |
| 121 | 2.20    | 121 |
| 122 | 2.21    | 122 |
| 123 | 2.22    | 123 |
| 124 | 2.23    | 124 |
| 125 | 2.24    | 125 |
| 126 | 2.25    | 126 |
| 127 | 2.26    | 127 |
| 128 | 2.27    | 128 |
| 129 | 2.28    | 129 |
| 130 | 2.29    | 130 |
| 131 | 2.30    | 131 |
| 132 | 2.31    | 132 |
| 133 | 2.32    | 133 |
| 134 | 2.33    | 134 |
| 135 | 2.34    | 135 |
| 136 | 2.35    | 136 |
| 137 | 2.36    | 137 |
| 138 | 2.37    | 138 |
| 139 | 2.38    | 139 |
| 140 | 2.39    | 140 |
| 141 | 2.40    | 141 |
| 142 | 2.41    | 142 |
| 143 | 2.42    | 143 |
| 144 | 2.43    | 144 |
| 145 | 2.44    | 145 |
| 146 | 2.45    | 146 |
| 147 | 2.46    | 147 |
| 148 | 2.47    | 148 |
| 149 | 2.48    | 149 |
| 150 | 2.49    | 150 |
| 151 | 2.50    | 151 |
| 152 | 2.51    | 152 |
| 153 | 2.52    | 153 |
| 154 | 2.53    | 154 |
| 155 | 2.54    | 155 |
| 156 | 2.55    | 156 |
| 157 | 2.56    | 157 |
| 158 | 2.57    | 158 |
| 159 | 2.58    | 159 |
| 160 | 2.59    | 160 |
| 161 | 2.60    | 161 |
| 162 | 2.61    | 162 |
| 163 | 2.62    | 163 |
| 164 | 2.63    | 164 |
| 165 | 2.64    | 165 |
| 166 | 2.65    | 166 |
| 167 | 2.66    | 167 |
| 168 | 2.67    | 168 |
| 169 | 2.68    | 169 |
| 170 | 2.69    | 170 |
| 171 | 2.70    | 171 |
| 172 | 2.71    | 172 |
| 173 | 2.72    | 173 |
| 174 | 2.73    | 174 |
| 175 | 2.74    | 175 |
| 176 | 2.75    | 176 |
| 177 | 2.76    | 177 |
| 178 | 2.77    | 178 |
| 179 | 2.78    | 179 |
| 180 | 2.79    | 180 |
| 181 | 2.80    | 181 |
| 182 | 2.81    | 182 |
| 183 | 2.82    | 183 |
| 184 | 2.83    | 184 |
| 185 | 2.84    | 185 |
| 186 | 2.85    | 186 |
| 187 | 2.86    | 187 |
| 188 | 2.87    | 188 |
| 189 | 2.88    | 189 |
| 190 | 2.89    | 190 |
| 191 | 2.90    | 191 |
| 192 | 2.91    | 192 |
| 193 | 2.92    | 193 |
| 194 | 2.93    | 194 |
| 195 | 2.94    | 195 |
| 196 | 2.95    | 196 |
| 197 | 2.96    | 197 |
| 198 | 2.97    | 198 |
| 199 | 2.98    | 199 |
| 200 | 2.99    | 200 |
| 201 | 3.00    | 201 |
| 202 | 3.01    | 202 |
| 203 | 3.02    | 203 |
| 204 | 3.03    | 204 |
| 205 | 3.04    | 205 |
| 206 | 3.05    | 206 |
| 207 | 3.06    | 207 |
| 208 | 3.07    | 208 |
| 209 | 3.08    | 209 |
| 210 | 3.09    | 210 |
| 211 | 3.10    | 211 |
| 212 | 3.11    | 212 |
| 213 | 3.12    | 213 |
| 214 | 3.13    | 214 |
| 215 | 3.14    | 215 |
| 216 | 3.15    | 216 |
| 217 | 3.16    | 217 |
| 218 | 3.17    | 218 |
| 219 | 3.18    | 219 |
| 220 | 3.19    | 220 |
| 221 | 3.20    | 221 |
| 222 | 3.21    | 222 |
| 223 | 3.22    | 223 |
| 224 | 3.23    | 224 |
| 225 | 3.24    | 225 |
| 226 | 3.25    | 226 |
| 227 | 3.26    | 227 |
| 228 | 3.27    | 228 |
| 229 | 3.28    | 229 |
| 230 | 3.29    | 230 |
| 231 | 3.30    | 231 |
| 232 | 3.31    | 232 |
| 233 | 3.32    | 233 |
| 234 | 3.33    | 234 |
| 235 | 3.34    | 235 |
| 236 | 3.35    | 236 |
| 237 | 3.36    | 237 |
| 238 | 3.37    | 238 |
| 239 | 3.38    | 239 |
| 240 | 3.39    | 240 |
| 241 | 3.40    | 241 |
| 242 | 3.41    | 242 |
| 243 | 3.42    | 243 |
| 244 | 3.43    | 244 |
| 245 | 3.44    | 245 |
| 246 | 3.45    | 246 |
| 247 | 3.46    | 247 |
| 248 | 3.47    | 248 |
| 249 | 3.48    | 249 |
| 250 | 3.49    | 250 |
| 251 | 3.50    | 251 |
| 252 | 3.51    | 252 |
| 253 | 3.52    | 253 |
| 254 | 3.53    | 254 |
| 255 | 3.54    | 255 |
| 256 | 3.55    | 256 |
| 257 | 3.56    | 257 |
| 258 | 3.57    | 258 |
| 259 | 3.58    | 259 |
| 260 | 3.59    | 260 |
| 261 | 3.60    | 261 |
| 262 | 3.61    | 262 |
| 263 | 3.62    | 263 |
| 264 | 3.63    | 264 |
| 265 | 3.64    | 265 |
| 266 | 3.65    | 266 |
| 267 | 3.66    | 267 |
| 268 | 3.67    | 268 |
| 269 | 3.68    | 269 |
| 270 | 3.69    | 270 |
| 271 | 3.70    | 271 |
| 272 | 3.71    | 272 |
| 273 | 3.72    | 273 |
| 274 | 3.73    | 274 |
| 275 | 3.74    | 275 |
| 276 | 3.75    | 276 |
| 277 | 3.76    | 277 |
| 278 | 3.77    | 278 |
| 279 | 3.78    | 279 |
| 280 | 3.79    | 280 |
| 281 | 3.80    | 281 |
| 282 | 3.81    | 282 |
| 283 | 3.82    | 283 |
| 284 | 3.83    | 284 |
| 285 | 3.84    | 285 |
| 286 | 3.85    | 286 |
| 287 | 3.86    | 287 |
| 288 | 3.87    | 288 |
| 289 | 3.88    | 289 |
| 290 | 3.89    | 290 |
| 291 | 3.90    | 291 |
| 292 | 3.91    | 292 |
| 293 | 3.92    | 293 |
| 294 | 3.93    | 294 |
| 295 | 3.94    | 295 |
| 296 | 3.95    | 296 |
| 297 | 3.96    | 297 |
| 298 | 3.97    | 298 |
| 299 | 3.98    | 299 |
| 300 | 3.99    | 300 |
| 301 | 4.00    | 301 |
| 302 | 4.01    | 302 |
| 303 | 4.02    | 303 |
| 304 | 4.03    | 304 |
| 305 | 4.04    | 305 |
| 306 | 4.05    | 306 |
| 307 | 4.06    | 307 |
| 308 | 4.07    | 308 |
| 309 | 4.08    | 309 |
| 310 | 4.09    | 310 |
| 311 | 4.10    | 311 |
| 312 | 4.11    | 312 |
| 313 | 4.12    | 313 |
| 314 | 4.13    | 314 |
| 315 | 4.14    | 315 |
| 316 | 4.15    | 316 |
| 317 | 4.16    | 317 |
| 318 | 4.17    | 318 |
| 319 | 4.18    | 319 |
| 320 | 4.19    | 320 |
| 321 | 4.20    | 321 |
| 322 | 4.21    | 322 |
| 323 | 4.22    | 323 |
| 324 | 4.23    | 324 |
| 325 | 4.24    | 325 |
| 326 | 4.25    | 326 |
| 327 | 4.26    | 327 |
| 328 | 4.27    | 328 |
| 329 | 4.28    | 329 |
| 330 | 4.29    | 330 |
| 331 | 4.30    | 331 |
| 332 | 4.31    | 332 |
| 333 | 4.32    | 333 |
| 334 | 4.33    | 334 |
| 335 | 4.34    | 335 |
| 336 | 4.35    | 336 |
| 337 | 4.36    | 337 |
| 338 | 4.37    | 338 |
| 339 | 4.38    | 339 |
| 340 | 4.39    | 340 |
| 341 | 4.40    | 341 |
| 342 | 4.41    | 342 |
| 343 | 4.42    | 343 |
| 344 | 4.43    | 344 |
| 345 | 4.44    | 345 |
| 346 | 4.45    | 346 |
| 347 | 4.46    | 347 |
| 348 | 4.47    | 348 |
| 349 | 4.48    | 349 |
| 350 | 4.49    | 350 |
| 351 | 4.50    | 351 |
| 352 | 4.51    | 352 |
| 353 | 4.52    | 353 |
| 354 | 4.53    | 354 |
| 355 | 4.54    | 355 |
| 356 | 4.55    | 356 |
| 357 | 4.56    | 357 |
| 358 | 4.57    | 358 |
| 359 | 4.58    | 359 |
| 360 | 4.59    | 360 |
| 361 | 4.60    | 361 |
| 362 | 4.61    | 362 |
| 363 | 4.62    | 363 |
| 364 | 4.63    | 364 |
| 365 | 4.64    | 365 |
| 366 | 4.65    | 366 |
| 367 | 4.66    | 367 |
| 368 | 4.67    | 368 |
| 369 | 4.68    | 369 |
| 370 | 4.69    | 370 |
| 371 | 4.70    | 371 |
| 372 | 4.71    | 372 |
| 373 | 4.72    | 373 |
| 374 | 4.73    | 374 |
| 375 | 4.74    | 375 |
| 376 | 4.75    | 376 |
| 377 | 4.76    | 377 |
| 378 | 4.77    | 378 |
| 379 | 4.78    | 379 |
| 380 | 4.79    | 380 |
| 381 | 4.80    | 381 |
| 382 | 4.81    | 382 |
| 383 | 4.82    | 383 |
| 384 | 4.83    | 384 |
| 385 | 4.84    | 385 |
| 386 | 4.85    | 386 |
| 387 | 4.86    | 387 |
| 388 | 4.87    | 388 |
| 389 | 4.88    | 389 |
| 390 | 4.89    | 390 |
| 391 | 4.90    | 391 |
| 392 | 4.91    | 392 |
| 393 | 4.92    | 393 |
| 394 | 4.93    | 394 |
| 395 | 4.94    | 395 |
| 396 | 4.95    | 396 |
| 397 | 4.96    | 397 |
| 398 | 4.97    | 398 |
| 399 | 4.98    | 399 |
| 400 | 4.99    | 400 |
| 401 | 5.00    | 401 |
| 402 | 5.01    | 402 |
| 403 | 5.02    | 403 |
| 404 | 5.03    | 404 |
| 405 | 5.04    | 405 |
| 406 | 5.05    | 406 |
| 407 | 5.06    | 407 |
| 408 | 5.07    | 408 |
| 409 | 5.08    | 409 |
| 410 | 5.09    | 410 |
| 411 | 5.10    | 411 |
| 412 | 5.11    | 412 |
| 413 | 5.12    | 413 |
| 414 | 5.13    | 414 |
| 415 | 5.14    | 415 |
| 416 | 5.15    | 416 |
| 417 | 5.16    | 417 |
| 418 | 5.17    | 418 |
| 419 | 5.18    | 419 |
| 420 | 5.19    | 420 |
| 421 | 5.20    | 421 |
| 422 | 5.21    | 422 |
| 423 | 5.22    | 423 |
| 424 | 5.23    | 424 |
| 425 | 5.24    | 425 |
| 426 | 5.25    | 426 |
| 427 | 5.26    | 427 |
| 428 | 5.27    | 428 |
| 429 | 5.28    | 429 |
| 430 | 5.29    | 430 |
| 431 | 5.30    | 431 |



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FÖRORD .....                                                                         | 13 |
| 1.       INTRODUKTION .....                                                          | 15 |
| 1.1       Syfte och uppläggning .....                                                | 15 |
| 1.2       Tidigare undersökningar .....                                              | 16 |
| 1.3       Beskrivning av undersökningsområdet .....                                  | 18 |
| 1.3.1       Tektonik och bergartsregioner .....                                      | 18 |
| 1.3.2       Allmän geomorfologisk översikt .....                                     | 27 |
| 1.3.3       Klimat .....                                                             | 28 |
| 1.3.4       Vegetation och markanvändning .....                                      | 33 |
| 2.       GEOMORFOLOGISK KARTA .....                                                  | 35 |
| 2.1       Geomorfologisk kartering .....                                             | 35 |
| 2.1.1       Inledning .....                                                          | 35 |
| 2.1.2       Definition av geomorfologisk karta .....                                 | 36 |
| 2.1.3       Indelningsgrunder för geomorfologiska kartor .....                       | 36 |
| 2.2       Tidig geomorfologisk kartering .....                                       | 41 |
| 2.3       Modern geomorfologisk kartografi .....                                     | 42 |
| 2.3.1       IGU:s arbete med en universell legend för geomorfologisk kartering ..... | 43 |
| 2.3.2       ITC:s system för geomorfologisk kartering .....                          | 47 |
| 2.3.3       Jämförande karteringar med olika legender .....                          | 51 |
| 2.4       Andra karttyper med geomorfologiskt innehåll .....                         | 54 |
| 2.4.1       Terränganalys .....                                                      | 54 |
| 2.4.2       Fysiografiska kartor .....                                               | 56 |
| 2.5       Geomorfologisk kartering i Norden .....                                    | 58 |
| 2.5.1       Danmark .....                                                            | 60 |
| 2.5.2       Sverige .....                                                            | 60 |
| 2.5.3       Norge .....                                                              | 62 |
| 2.5.4       Finland .....                                                            | 63 |
| 2.6       Diskussion av den morfometriska redovisningen .....                        | 63 |
| 2.6.1       Höjdkurvor .....                                                         | 64 |
| 2.6.2       Höjdsikt .....                                                           | 65 |
| 2.6.3       Relativa höjder .....                                                    | 66 |
| 2.6.4       Marklutning .....                                                        | 66 |
| 2.7       Geomorfologisk karta över Varangerhalvön .....                             | 67 |
| 2.7.1       Bakgrund .....                                                           | 67 |
| 2.7.2       Övrig geomorfologisk kartering inom Varangerhalvön .....                 | 68 |
| 2.8       Arbetsgång vid kartering, överföring av data och tryckning .....           | 69 |



|         |                                                                               |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.8.1   | Höjdkartan .....                                                              | 71  |
| 2.8.2   | Utvärdering av Landsat material .....                                         | 71  |
| 2.9     | Kartografisk redovisning .....                                                | 72  |
| 2.10    | Kartans innehåll .....                                                        | 74  |
| 2.10.1  | Substrat .....                                                                | 74  |
| 2.10.2  | Enskilda formelement .....                                                    | 77  |
|         | Förkastningar .....                                                           | 77  |
|         | Glaciala former .....                                                         | 77  |
|         | Glacifluviala/fluviåla former .....                                           | 80  |
|         | Marina och limniska former .....                                              | 82  |
|         | Eoliska former .....                                                          | 85  |
|         | Periglaciala former .....                                                     | 86  |
|         | Sluttningsformer .....                                                        | 88  |
|         | Biogena och antropogena former .....                                          | 89  |
| 2.11    | Geomorfologiska regioner .....                                                | 91  |
| 2.11.1  | Exempel på fallkurvor hos älvarna .....                                       | 97  |
| 2.11.2  | Ravindalar och glaciala småformer .....                                       | 98  |
| 2.11.3  | Paleiska ytor .....                                                           | 100 |
| 3.      | BLOCKHAV .....                                                                | 102 |
| 3.1     | Inledning, bakgrund och huvudsyfte .....                                      | 102 |
| 3.2     | Allmänt .....                                                                 | 103 |
| 3.2.1   | Litteratörversikt rörande olika definitioner av termen blockhav .....         | 103 |
| 3.2.2   | Författarnas definition av termen blockhav .....                              | 109 |
| 3.2.3   | Processer .....                                                               | 111 |
| 3.2.3.1 | Mekanisk vittring .....                                                       | 114 |
| 3.2.3.2 | Kemisk vittring .....                                                         | 119 |
| 3.2.3.3 | Frostmarksprocesser .....                                                     | 120 |
| 3.2.4   | Blockhavens vertikala utbredning .....                                        | 121 |
| 3.2.5   | Variationer i lavtäckning .....                                               | 124 |
| 3.2.6   | Refugieproblemet .....                                                        | 128 |
| 3.2.6.1 | Allmänt .....                                                                 | 128 |
| 3.2.6.2 | Varangerhalvön i refugiediskussionen .....                                    | 133 |
| 3.3     | Tidigare geomorfologiska undersökningar av blockhav inom Varangerhalvön ..... | 138 |
| 3.4     | Egna undersökningar inom Varangerhalvön .....                                 | 142 |
| 3.4.1   | Problemställningar .....                                                      | 142 |
| 3.4.2   | Metoder .....                                                                 | 144 |
| 3.4.2.1 | Kartering från flyg- och satellitbildsmaterial .....                          | 144 |
| 3.4.2.2 | Övriga metoder .....                                                          | 149 |
| 3.4.2.3 | Experimentell frostvittring .....                                             | 150 |
| 3.4.3   | Resultat .....                                                                | 153 |
| 3.4.3.1 | Blockhavens areella utbredning och relation till berggrunden .....            | 153 |

|         |                                                                                                                                |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.4.3.2 | Blockhavens topografiska fördelning .....                                                                                      | 155 |
| 3.4.3.3 | Blockhavens vertikala struktur och mäktighet<br>i förhållande till areell och topografisk utbred-<br>ning .....                | 155 |
| 3.4.3.4 | Processer ansvariga för utbildning av block-<br>havens finmaterial .....                                                       | 166 |
|         | Experimentell frostvittring .....                                                                                              | 168 |
| 3.4.3.5 | Indikationer på nedisning inom blockhavs-<br>områdena .....                                                                    | 174 |
| 3.4.3.6 | Indikationer på recent blockhavsbildning .....                                                                                 | 176 |
| 3.4.3.7 | Blockhavens grad av lavtäckning .....                                                                                          | 178 |
| 3.4.3.8 | Observationer av vindslipning .....                                                                                            | 181 |
| 3.4.4   | Diskussion .....                                                                                                               | 184 |
| 3.4.4.1 | Blockhavens areella och topografiska utbred-<br>ning samt relation till berggrunden .....                                      | 184 |
| 3.4.4.2 | Blockhavens vertikala struktur och mäktighet<br>i förhållande till areell och topografisk utbred-<br>ning samt processer ..... | 184 |
| 3.4.4.3 | Blockhavens grad av lavtäckning relaterad till<br>processer .....                                                              | 189 |
| 3.4.4.4 | Vindslipning .....                                                                                                             | 190 |
| 3.4.5   | Slutsatser .....                                                                                                               | 190 |
| 4.      | KULLAR I LÖSMATERIAL .....                                                                                                     | 191 |
| 4.1     | Inledning .....                                                                                                                | 191 |
| 4.2     | Tidigare beskrivningar av formerna inom området ...                                                                            | 193 |
| 4.3     | Motsvarande former utanför Varangerhalvön .....                                                                                | 195 |
| 4.3.1   | Kullar av periglacialt ursprung .....                                                                                          | 195 |
| 4.3.2   | Kullar av glacialt ursprung .....                                                                                              | 198 |
| 4.4     | Egna undersökningar .....                                                                                                      | 199 |
| 4.4.1   | Läge och utbredning .....                                                                                                      | 200 |
| 4.4.1.2 | Diskussion .....                                                                                                               | 203 |
| 4.4.2   | Detaljundersökningar, metodik .....                                                                                            | 205 |
| 4.4.3   | Maddavarri - fossila glaciala kullar utanför<br>blockhav .....                                                                 | 205 |
| 4.4.3.1 | Lokalbeskrivning .....                                                                                                         | 205 |
| 4.4.3.2 | Diskussion .....                                                                                                               | 207 |
| 4.4.4   | Basečærro - fossila glaciala/glacifluviala kullar inom<br>blockhav .....                                                       | 209 |
| 4.4.4.1 | Lokalbeskrivning .....                                                                                                         | 209 |
| 4.4.4.2 | Diskussion .....                                                                                                               | 216 |
| 4.4.5   | Stourraskaidi - fossila periglaciala kullar .....                                                                              | 220 |
| 4.4.5.1 | Lokalbeskrivning .....                                                                                                         | 220 |
| 4.4.5.2 | Diskussion .....                                                                                                               | 223 |
| 4.4.6   | Rakaslako - recenta periglaciala kullar .....                                                                                  | 224 |



|         |                                                                   |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.6.1 | Lokalbeskrivning .....                                            | 224 |
| 4.4.6.2 | Diskussion .....                                                  | 228 |
| 4.4.7   | Slutsatser .....                                                  | 234 |
| 5.      | ISRANDBILDNINGAR – LÄGE, ÅLDER OCH RELATION TILL BLOCKHAVEN ..... | 236 |
| 5.1     | Inledning, bakgrund och syfte .....                               | 236 |
| 5.2     | Tidigare undersökningar .....                                     | 237 |
| 5.2.1   | Allmänt .....                                                     | 237 |
| 5.2.2   | Huvuddrag i deglaciationen av Varangerhalvön ....                 | 238 |
| 5.2.3   | Detaljer i deglaciationen av Varangerhalvön .....                 | 241 |
| 5.3     | Egna undersökningar inom Varangerhalvön .....                     | 244 |
| 5.3.1   | Metoder .....                                                     | 244 |
| 5.3.1.1 | Kartering .....                                                   | 244 |
| 5.3.1.2 | Fältarbeten .....                                                 | 245 |
|         | Ekolodning .....                                                  | 246 |
| 5.3.2   | Dateringsmetoder .....                                            | 246 |
| 5.3.2.1 | Provtagning av torv för C14-datering .....                        | 247 |
| 5.3.2.2 | Provtagning av sjösediment för C14-datering ...                   | 247 |
| 5.3.2.3 | Provtagning av molluskskal för C14-datering ...                   | 248 |
| 5.3.3   | Resultat .....                                                    | 248 |
| 5.3.3.1 | Israndlägen på land .....                                         | 250 |
|         | I. Skiipagurra .....                                              | 253 |
|         | II. Al'ljavaejjåokka .....                                        | 254 |
|         | III. Aarnes, IV.a Angsnes, IV.b Bunes och                         |     |
|         | V. Går'gnehat .....                                               | 256 |
|         | VII. Mortensnes .....                                             | 259 |
|         | VI. Javrašmievtajavrit .....                                      | 260 |
|         | VIII. Vargelva .....                                              | 262 |
|         | IX. Syltefjordelva .....                                          | 263 |
|         | X. Trollelva och XI. Oksevatnet                                   |     |
|         | (Vardömoränerna) .....                                            | 264 |
| 5.3.3.2 | Israndlägen under havsytan .....                                  | 265 |
| 5.3.3.3 | Glacialslipning .....                                             | 267 |
| 5.3.3.4 | Glacifluviala dräneringsspar .....                                | 267 |
| 5.3.3.5 | Torvdatering .....                                                | 268 |
| 5.3.3.6 | Sjösedimentdatering .....                                         | 270 |
|         | Stjernevatnet .....                                               | 270 |
|         | Bergebyvatnet .....                                               | 272 |
|         | Östervatnet .....                                                 | 273 |
|         | Holmfjellvatnet .....                                             | 274 |
|         | Oksevatnet .....                                                  | 274 |
| 5.3.3.7 | Molluskskaldatering .....                                         | 275 |
| 5.3.4   | Diskussion .....                                                  | 276 |



|         |                                                                                                                              |     |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3.4.1 | Randlägen .....                                                                                                              | 276 |
|         | Material .....                                                                                                               | 276 |
|         | Riktninganalyser .....                                                                                                       | 277 |
|         | Blockanalyser .....                                                                                                          | 277 |
|         | Regionala synpunkter på presenterade morän-<br>ryggar .....                                                                  | 277 |
|         | Sammanfattning .....                                                                                                         | 279 |
| 5.3.4.2 | Glacialslipning .....                                                                                                        | 280 |
| 5.3.4.3 | Glacifluviala dräneringsspår .....                                                                                           | 281 |
| 5.3.4.4 | Dateringar .....                                                                                                             | 282 |
|         | Torvdatering .....                                                                                                           | 282 |
|         | Sjösedimentdatering .....                                                                                                    | 283 |
|         | Sammanfattning av sjösedimentdatering .....                                                                                  | 285 |
|         | Molluskskaldatering .....                                                                                                    | 286 |
| 5.3.5   | Sammanfattande diskussion och slutsatser .....                                                                               | 287 |
| 5.3.5.1 | Glaciation .....                                                                                                             | 287 |
| 5.3.5.2 | Deglaciation .....                                                                                                           | 287 |
| 5.3.5.3 | Blockhavens ställning under glaciation och<br>deglaciation .....                                                             | 288 |
| 6.      | DISKUSSION AV RESULTATEN .....                                                                                               | 290 |
| 6.1     | Inledning och målsättning .....                                                                                              | 290 |
| 6.1.1   | Sammanfattning av vunna resultat och erfarenheter                                                                            | 290 |
| 6.2     | Huvuddrag i Varangerhalvöns geomorfologi -<br>jämförelser .....                                                              | 292 |
| 6.2.1   | Blockhavens relation till kullar i lösmaterial .....                                                                         | 292 |
| 6.2.2   | Blockhavens relation till israndbildningar .....                                                                             | 292 |
| 6.2.3   | Lösmaterialkullarnas relation till israndbildningar .                                                                        | 293 |
| 6.2.4   | Utbredning av erratiskt material och dess för-<br>hållande till blockhav, kullar i lösmaterial och<br>israndbildningar ..... | 293 |
| 6.2.5   | Utbredning av glacialslipning och dess förhållande<br>till blockhav, kullar i lösmaterial och israndbild-<br>ningar .....    | 294 |
| 6.3     | Slutsatser .....                                                                                                             | 294 |
| 7.      | SUMMARY .....                                                                                                                | 296 |
|         | LITTERATUR .....                                                                                                             | 325 |
|         | BILAGA: GEOMORFOLOGISK KARTA                                                                                                 |     |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| PREFACE .....                                                                  | 13 |
| 1. INTRODUCTION .....                                                          | 15 |
| 1.1 Objectives and organization of the investigation .....                     | 15 |
| 1.2 Previous works .....                                                       | 16 |
| 1.3 Description of the investigated area .....                                 | 18 |
| 1.3.1 Tectonics and bedrock regions .....                                      | 18 |
| 1.3.2 General geomorphological view .....                                      | 27 |
| 1.3.3 Climate .....                                                            | 28 |
| 1.3.4 Vegetation and land use .....                                            | 33 |
| 2. THE GEOMORPHOLOGICAL MAP .....                                              | 35 |
| 2.1 Geomorphological mapping .....                                             | 35 |
| 2.1.1 Introduction .....                                                       | 35 |
| 2.1.2 Definition of geomorphological map .....                                 | 36 |
| 2.1.3 Classification of geomorphological maps .....                            | 36 |
| 2.2 Early geomorphological mapping .....                                       | 41 |
| 2.3 Modern geomorphological cartography .....                                  | 42 |
| 2.3.1 The work of IGU on an universal legend of geomorphological mapping ..... | 43 |
| 2.3.2 The ITC System of geomorphological mapping ....                          | 47 |
| 2.3.3 Comparative mappings with different legends .....                        | 51 |
| 2.4 Other types of maps with geomorphological content ..                       | 54 |
| 2.4.1 Terrain classification .....                                             | 54 |
| 2.4.2 Landform maps .....                                                      | 56 |
| 2.5 Geomorphological mapping in Norden .....                                   | 58 |
| 2.5.1 Denmark .....                                                            | 60 |
| 2.5.2 Sweden .....                                                             | 60 |
| 2.5.3 Norway .....                                                             | 62 |
| 2.5.4 Finland .....                                                            | 63 |
| 2.6 Discussion of the morphometrical representation .....                      | 63 |
| 2.6.1 Contours .....                                                           | 64 |
| 2.6.2 Layer colouring .....                                                    | 65 |
| 2.6.3 Relative heights .....                                                   | 66 |
| 2.6.4 Slopes .....                                                             | 66 |
| 2.7 Geomorphological map of the Varanger Peninsula ....                        | 67 |
| 2.7.1 Background .....                                                         | 67 |
| 2.7.2 Additional geomorphological mapping within the Varanger Peninsula .....  | 68 |
| 2.8 Working routine, mapping, transfer of data, printing ..                    | 69 |
| 2.8.1 The 3D - map .....                                                       | 71 |

|         |                                                                                                           |     |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.8.2   | Evaluation of Landsat data .....                                                                          | 71  |
| 2.9     | Cartographical representation .....                                                                       | 72  |
| 2.10    | The content of the map .....                                                                              | 74  |
| 2.10.1  | Lithology .....                                                                                           | 74  |
| 2.10.2  | Individual landforms .....                                                                                | 77  |
|         | Faults .....                                                                                              | 77  |
|         | Glacial forms .....                                                                                       | 77  |
|         | Glaciofluvial/fluviat forms .....                                                                         | 80  |
|         | Marine and limnic forms .....                                                                             | 82  |
|         | Eolian forms .....                                                                                        | 85  |
|         | Periglacial forms .....                                                                                   | 86  |
|         | Slope forms .....                                                                                         | 88  |
|         | Biogenic and man made forms .....                                                                         | 89  |
| 2.11    | Geomorphological regions .....                                                                            | 91  |
| 2.11.1  | Stream channel profiles .....                                                                             | 97  |
| 2.11.2  | Gorges and glacial microforms .....                                                                       | 98  |
| 2.11.3  | Paleic surfaces .....                                                                                     | 100 |
| 3.      | BLOCK FIELDS .....                                                                                        | 102 |
| 3.1     | Introduction, background and main purpose .....                                                           | 102 |
| 3.2     | General .....                                                                                             | 103 |
| 3.2.1   | Literature regarding different definitions of the<br>term block field .....                               | 103 |
| 3.2.2   | The present authors' definition of the term block<br>field .....                                          | 109 |
| 3.2.3   | Processes .....                                                                                           | 111 |
| 3.2.3.1 | Mechanical weathering .....                                                                               | 114 |
| 3.2.3.2 | Chemical weathering .....                                                                                 | 119 |
| 3.2.3.3 | Frost processes .....                                                                                     | 120 |
| 3.2.4   | The vertical distribution of the block fields .....                                                       | 121 |
| 3.2.5   | Variations of the lichen coverage .....                                                                   | 124 |
| 3.2.6   | The problem of glacial refugia .....                                                                      | 128 |
| 3.2.6.1 | General .....                                                                                             | 128 |
| 3.2.6.2 | The Varanger Peninsula in the refuge discussion .                                                         | 133 |
| 3.3     | Earlier geomorphological investigations regarding the<br>block fields within the Varanger Peninsula ..... | 138 |
| 3.4     | Investigations carried out by the present authors ....                                                    | 142 |
| 3.4.1   | Problems .....                                                                                            | 142 |
| 3.4.2   | Methods .....                                                                                             | 144 |
| 3.4.2.1 | Mapping from aerial photographs and satellite<br>images .....                                             | 144 |
| 3.4.2.2 | Other methods .....                                                                                       | 149 |
| 3.4.2.3 | Experimental frost weathering studies .....                                                               | 150 |
| 3.4.3   | Results .....                                                                                             | 153 |



|         |                                                                                                                                                 |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.4.3.1 | The areal distribution of the block fields and the relationships to the bedrock . . . . .                                                       | 153 |
| 3.4.3.2 | The topographical distribution of the block fields . . . . .                                                                                    | 155 |
| 3.4.3.3 | The vertical structures and depths of the block fields and their relationships to areal and topographical distribution . . . . .                | 155 |
| 3.4.3.4 | Processes responsible of the formation of fines within the block fields . . . . .                                                               | 166 |
|         | Experimental frost weathering studies . . . . .                                                                                                 | 168 |
| 3.4.3.5 | Indications of glaciation within the block fields .                                                                                             | 174 |
| 3.4.3.6 | Indications of recent formation of block fields .                                                                                               | 176 |
| 3.4.3.7 | The degree of lichen coverage within the block fields . . . . .                                                                                 | 178 |
| 3.4.3.8 | Observations of wind abrasion . . . . .                                                                                                         | 181 |
| 3.4.4   | Discussion . . . . .                                                                                                                            | 184 |
| 3.4.4.1 | The areal and topographical distribution of the block fields and their relationships to the bedrock . . . . .                                   | 184 |
| 3.4.4.2 | The vertical structures and depths of the block fields and their relationships to areal and topographical distributions and processes . . . . . | 184 |
| 3.4.4.3 | The degree of lichen coverage within the block fields and the processes . . . . .                                                               | 189 |
| 3.4.4.4 | Wind abrasion . . . . .                                                                                                                         | 190 |
| 3.4.5   | Conclusions . . . . .                                                                                                                           | 190 |
| 4.      | MOUNDS OF DEBRIS . . . . .                                                                                                                      | 191 |
| 4.1     | Introduction . . . . .                                                                                                                          | 191 |
| 4.2     | Earlier investigations of the forms within the area . .                                                                                         | 193 |
| 4.3     | Corresponding forms outside the Varanger Peninsula .                                                                                            | 195 |
| 4.3.1   | Mounds of periglacial origin . . . . .                                                                                                          | 195 |
| 4.3.2   | Mounds of glacial origin . . . . .                                                                                                              | 198 |
| 4.4     | Investigations carried out by the present authors . . .                                                                                         | 199 |
| 4.4.1   | Position and distribution . . . . .                                                                                                             | 200 |
| 4.4.1.2 | Discussion . . . . .                                                                                                                            | 203 |
| 4.4.2   | Detailed investigations . . . . .                                                                                                               | 205 |
| 4.4.3   | Maddavarri - fossil glacial mounds outside block fields . . . . .                                                                               | 205 |
| 4.4.3.1 | Description of locality . . . . .                                                                                                               | 205 |
| 4.4.3.2 | Discussion . . . . .                                                                                                                            | 207 |
| 4.4.4   | Basečærro - fossil glaciofluvial/fluvial mounds in block fields . . . . .                                                                       | 209 |
| 4.4.4.1 | Description of locality . . . . .                                                                                                               | 209 |

|         |                                                                                 |     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.4.4.2 | Discussion .....                                                                | 216 |
| 4.4.5   | Stourraskaidi - fossil periglacial mounds .....                                 | 220 |
| 4.4.5.1 | Description of locality .....                                                   | 220 |
| 4.4.5.2 | Discussion .....                                                                | 223 |
| 4.4.6   | Rakaslako - recent periglacial mounds .....                                     | 224 |
| 4.4.6.1 | Description of locality .....                                                   | 224 |
| 4.4.6.2 | Discussion .....                                                                | 228 |
| 4.4.7   | Conclusions .....                                                               | 234 |
| 5.      | ICE MARGINAL DEPOSITS – POSITION, AGE AND<br>RELATION TO THE BLOCK FIELDS ..... | 236 |
| 5.1     | Introduction, background and purpose .....                                      | 236 |
| 5.2     | Previous works .....                                                            | 237 |
| 5.2.1   | General .....                                                                   | 237 |
| 5.2.2   | Principal features in the deglaciation of the<br>Varanger Peninsula .....       | 238 |
| 5.2.3   | Details in the deglaciation of the Varanger<br>Peninsula .....                  | 241 |
| 5.3     | Investigations carried out by the present authors ....                          | 244 |
| 5.3.1   | Methods .....                                                                   | 244 |
| 5.3.1.1 | Surveying .....                                                                 | 244 |
| 5.3.1.2 | Field works .....                                                               | 245 |
|         | Echo sounding .....                                                             | 246 |
| 5.3.2   | Dating methods .....                                                            | 246 |
| 5.3.2.1 | Sampling of peat for C14-dating .....                                           | 247 |
| 5.3.2.2 | Sampling of lake sediment for C14-dating .....                                  | 247 |
| 5.3.2.3 | Sampling of mollusc shells for C14-dating .....                                 | 248 |
| 5.3.3   | Results .....                                                                   | 248 |
| 5.3.3.1 | Ice marginal deposits on land .....                                             | 250 |
|         | I. Skiipagurra .....                                                            | 253 |
|         | II. Al'ljavaejjåkka .....                                                       | 254 |
|         | III. Aarnes, IV.a Angsnes, IV.b Bunes and<br>V. Går'gnehat .....                | 256 |
|         | VII. Mortensnes .....                                                           | 259 |
|         | VI. Javrašmievtajavrit .....                                                    | 260 |
|         | VIII. Vargelva .....                                                            | 262 |
|         | IX. Syltefjordelva .....                                                        | 263 |
|         | X. Trollelva and XI. Oksevatnet<br>(The Vardö Moraines) .....                   | 264 |
| 5.3.3.2 | Ice marginal deposits under the present sea level                               | 265 |
| 5.3.3.3 | Glacial erosion .....                                                           | 267 |
| 5.3.3.4 | Traces of glaciofluvial drainage .....                                          | 267 |
| 5.3.3.5 | Peat dating .....                                                               | 268 |

|         |                                                                                                                                  |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3.3.6 | Lake sediment dating . . . . .                                                                                                   | 270 |
|         | Stjernevatnet . . . . .                                                                                                          | 270 |
|         | Bergebyvatnet . . . . .                                                                                                          | 272 |
|         | Östervatnet . . . . .                                                                                                            | 273 |
|         | Holmfjellvatnet . . . . .                                                                                                        | 274 |
|         | Oksevatnet . . . . .                                                                                                             | 274 |
| 5.3.3.7 | Mollusc shell dating . . . . .                                                                                                   | 275 |
| 5.3.4   | Discussion . . . . .                                                                                                             | 276 |
| 5.3.4.1 | Ice marginal deposits . . . . .                                                                                                  | 276 |
|         | Material . . . . .                                                                                                               | 276 |
|         | Stone orientation analyses . . . . .                                                                                             | 277 |
|         | Indicator block analyses . . . . .                                                                                               | 277 |
|         | Regional viewpoints on the presented moraine<br>ridges . . . . .                                                                 | 277 |
|         | Synthesis . . . . .                                                                                                              | 279 |
| 5.3.4.2 | Glacial erosion . . . . .                                                                                                        | 280 |
| 5.3.4.3 | Traces of glaciofluvial drainage . . . . .                                                                                       | 281 |
| 5.3.4.4 | Datings . . . . .                                                                                                                | 282 |
|         | Peat dating . . . . .                                                                                                            | 282 |
|         | Lake sediment dating . . . . .                                                                                                   | 283 |
|         | Synthesis of lake sediment dating . . . . .                                                                                      | 285 |
|         | Mollusc shell dating . . . . .                                                                                                   | 286 |
| 5.3.5   | Synthetical discussion and conclusions . . . . .                                                                                 | 287 |
| 5.3.5.1 | Glaciation . . . . .                                                                                                             | 287 |
| 5.3.5.2 | Deglaciation . . . . .                                                                                                           | 287 |
| 5.3.5.3 | Status of the block fields during glaciation and<br>deglaciation . . . . .                                                       | 288 |
| 6.      | DISCUSSION OF THE RESULTS . . . . .                                                                                              | 290 |
| 6.1     | Introduction and purpose . . . . .                                                                                               | 290 |
| 6.1.1   | Synthesis of the results obtained and experiences . . . . .                                                                      | 290 |
| 6.2     | Principal features in the geomorphology of the<br>Varanger Peninsula . . . . .                                                   | 292 |
| 6.2.1   | Relationship between the block fields and mounds<br>of debris . . . . .                                                          | 292 |
| 6.2.2   | Relationship between the block fields and ice<br>marginal deposits . . . . .                                                     | 292 |
| 6.2.3   | Relationship between the mounds of debris and ice<br>marginal deposits . . . . .                                                 | 293 |
| 6.2.4   | Distribution of erratics and the relationship to<br>block fields, mounds of debris and ice marginal<br>deposits . . . . .        | 293 |
| 6.2.5   | Distribution of glacial erosion and the relationship<br>to block fields, mounds of debris and ice marginal<br>deposits . . . . . | 294 |
| 6.3     | Conclusions . . . . .                                                                                                            | 294 |



|         |                                                                                                    |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.      | SUMMARY .....                                                                                      | 296 |
| 7.1     | Introduction .....                                                                                 | 296 |
| 7.1.1   | Previous works .....                                                                               | 296 |
| 7.1.2   | Description of the investigated area .....                                                         | 297 |
| 7.2     | The geomorphological map .....                                                                     | 298 |
| 7.2.1   | Geomorphological map of the Varanger Peninsula .                                                   | 299 |
| 7.2.2   | Working routine on the mapping, transfer of data,<br>printing .....                                | 300 |
| 7.2.3   | Cartographic specification .....                                                                   | 301 |
| 7.2.4   | Contents of the map .....                                                                          | 301 |
| 7.2.5   | Geomorphological regions .....                                                                     | 302 |
| 7.3     | The block fields .....                                                                             | 303 |
| 7.3.1   | Introduction, background and main purpose .....                                                    | 303 |
| 7.3.2   | General view .....                                                                                 | 303 |
| 7.3.3   | Earlier geomorphological investigations of the block<br>fields within the Varanger Peninsula ..... | 304 |
| 7.3.4   | Investigations carried out by the present authors ..                                               | 305 |
| 7.3.5   | Conclusions .....                                                                                  | 308 |
| 7.4     | Mounds of debris .....                                                                             | 309 |
| 7.4.1   | Introduction .....                                                                                 | 309 |
| 7.4.2   | Geographical position and pattern of distribution ..                                               | 310 |
| 7.4.3   | Maddavarri - fossil glacial mounds outside block<br>fields .....                                   | 310 |
| 7.4.4   | Discussion .....                                                                                   | 311 |
| 7.4.5   | Basečærro - fossil glaciofluvial/fluvial mounds in<br>block fields .....                           | 311 |
| 7.4.6   | Discussion .....                                                                                   | 311 |
| 7.4.7   | Stuorraskaidi - fossil periglacial mounds .....                                                    | 312 |
| 7.4.8   | Rakaslako - recent periglacial mounds .....                                                        | 312 |
| 7.4.9   | Discussion .....                                                                                   | 313 |
| 7.4.10  | Conclusions .....                                                                                  | 314 |
| 7.5     | Ice marginal features - position, age and relation to<br>the block fields .....                    | 314 |
| 7.5.1   | Introduction, background and main purpose .....                                                    | 314 |
| 7.5.2   | Previous works .....                                                                               | 315 |
| 7.5.3   | Investigations carried out by the present authors ..                                               | 316 |
| 7.5.4   | Conclusions .....                                                                                  | 319 |
| 7.6     | Discussion of the results .....                                                                    | 320 |
| 7.6.1   | Background .....                                                                                   | 320 |
| 7.6.2   | Fundamental features in the geomorphology of the<br>Varanger Peninsula .....                       | 321 |
| 7.6.2.1 | The relation of the block fields to mounds of<br>debris .....                                      | 321 |
| 7.6.2.2 | The relation of the block fields to marginal<br>deposits .....                                     | 322 |

|         |                                                                                                                          |     |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.6.2.3 | Relation of debris mounds to the marginal<br>deposits .....                                                              | 322 |
| 7.6.2.4 | Distribution of erratic material and its relation to<br>block fields, mounds of debris and marginal<br>deposits .....    | 322 |
| 7.6.2.5 | The distribution of glacial erosion and its relation<br>to block fields, mounds of debris and marginal<br>deposits ..... | 323 |
| 7.6.3   | Conclusions .....                                                                                                        | 323 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| REFERENCES ..... | 325 |
|------------------|-----|

## APPENDIX: GEOMORPHOLOGICAL MAP

## FÖRORD

Vårt intresse för glacialmorfologiska studier, med utgångspunkt från flygbildstolkning, väcktes redan 1970, då prof. Harald Svensson, Köpenhamn, introducerade oss på Varangerhalvön, där han själv sedan många år arbetat med glacial och, i ännu högre utsträckning, periglacial geomorfologi. En trebetygsuppsats (Malmström & Palmér 1970) ledde till fortsatta arbeten inom ämnesområdet och regionen.

Prof. Svensson har hela tiden följt vårt arbete, läst och kommenterat manuskript och hjälpt oss när det tagit emot. Det är vi mycket tacksamma för.

Föreliggande arbete påbörjades 1972 som en glacialmorfologisk inventering, men under arbetets gång vidgades målsättningen. Fältarbeten och kartering pågick intensivt under perioden 1972-75, varefter arbetet låg nere till 1981-82 p.g.a. administrativa och pedagogiska uppgifter inom institutionen.

Avhandlingsarbetet har i sin helhet utförts vid Lunds universitets Naturgeografiska institution. Handledare har under periodens första del, 1972-76, varit prof. em. Karl-Erik Bergsten och under senare delen nuvarande professorn vid institutionen, Anders Rapp.

Arbetet har finansierats med privata medel och bidrag från Helge Ax:son Johnsons stiftelse, Helsingkrona nation (Skåneföreningen), Landshövding Per Westlings minnesfond, Lunds universitets matematiskt-naturvetenskapliga fakultet (fältarbetsanslaget), Statens naturvetenskapliga forskningsråd, Statens naturvårdsverk och Svenska Sällskapet för Antropologi och Geografi (Andréefonden, Hedinfonden och Palanderfonden). Den geomorfologiska kartan har tryckts med bidrag från Längmanska kulturfonden.

Vi har under arbetets gång fått hjälp och stöd på många olika sätt från en mängd personer och har inte här möjlighet att räkna upp samtliga.

Vi vill dock nämna vänner och kollegor på institutionen och då särskilt doc. Sven Behrens, doc. Ulf Helldén, doc. Åke Hillefors, FK Rolf Nyberg, FK Lennart Olsson, FK Mikael Stern och FD Richard Åhman.

Prof. Anders Rapp har läst och kommenterat manuskriptet samt hjälpt oss med många värdefulla synpunkter.

FD Jonas Åkerman har, utöver rent fysiskt arbete, bidragit med många värdefulla synpunkter, speciellt i samband med arbeten i Abiskoområdet.

Dr. Colin Prentice och Dr. Honor Prentice, Växtekologiska inst., Uppsala, har analyserat våra borrhärdar från sjöar i undersökningsområdet och givit många värdefulla synpunkter

i samband med detta.

Prof. Mikko Korhonen, Fenno-ugriska inst., Helsingfors, och prof. Matti Seppälä, Geografiska inst., Helsingfors, har hjälpt oss att härleda termen miofta.

Framlidne lektorn Marius Marthinussen, Geol. inst., Oslo, har välvilligt demonstrerat några av sina lokaler inom Varangerhalvön.

FK Bengt Jacobsson och FM Sten Willstrand har grävt ett otal provgröpar och am. Herbert Blond har under hela tiden varit en stor inspirationskälla.

Vårt fältarbete hade knappast kunnat genomföras utan den vänlighet och hjälpsamhet som vi genomgående mötts av under fältarbetet. Särskilt vill vi nämna fru Marie Joki m.

familj, lerer Arvid Pleym m. familj och herr Artur Thomasen.

Under fältarbetet har vi haft dåvarande Statens Skoleinternat i Karlebotn som bas. Många personer har bidragit till att vi känt oss som hemma där, och vi vill bl.a. nämna skolechef Hans Erik Holm m. familj och husmor Ingrid Iversen.

Den geomorfologiska kartan och samtliga figurer är, med stor skicklighet och ett personligt engagemang, renritade av Eva Särbring, som även renskrivit texten på mikrodator, välvilligt ställd till förfogande av institutionens klimatavdelning. FK Lars Bärning och FK Göran Loman har hjälpt oss att få mikrodatorerna och ordbehandlingsprogrammen att vara praktisk användbar. 1:e fotograf Rezsö Laszlo har med stort kunnande och med hjälp av FK Ulrik Mårtensson utfört alla fotografiska arbeten. Translater Gert Sollenhammar har bistått med översättningsarbeten.

Vi vill hjärtligt tacka alla nämnda och onämnda personer men framför allt våra familjer, Harriet, Henrik och David respektive Ragnhild, som tålmodigt stått ut med oss under år av hårt arbete.

Författarna har med gemensamma krafter planerat och genomfört hela avhandlingsarbetet. Vid sammanställningen har Bo Malmström främst ansvarat för kapitel 2 och 4 och Owe Palmér för kapitel 3 och 5. Kapitel 6 bygger på dessa kapitel.

Bo Malmström och Owe Palmér  
Lund i september 1984



## 1. INTRODUKTION

### 1.1 Syfte och uppläggning

Varangerhalvön utgör den skandinaviska halvöns nordöstligaste del (fig. 1:1). Området är belägen mellan 70-71<sup>o</sup> nordlig bredd och 28-31<sup>o</sup> östlig längd. Det begränsas i norr och öster av Barents hav, i söder av Varangerfjorden och i väster av Tanafjorden och Tanaälven, och utgör en del av Östfinnmark i Finnmark fylke.



Figur 1:1. Varangerhalvöns läge.  
*The situation of the Varanger Peninsula.*

Området tilldrog sig tidigt intresse från forskare inom en rad olika discipliner som geologi, geografi, arkeologi, botanik och zoologi. Inte minst har forskare från Naturgeografiska institutionen i Lund engagerat sig inom området (t.ex. Markgren 1962 och senare, Svensson 1962 och senare, Maack 1967, Lindqvist, Mattsson 1965, Åhman 1977 och senare).

Syftet med föreliggande arbete är att ge en fördjupad framställning av halvöns geomorfologi. Presentationen har lagts upp på följande sätt: Inledningskapitlet ger en allmän bakgrund till de följande avsnitten. En geomorfologisk karta (bilaga) över området har framställts som underlag för den geomorfologiska diskussionen. Kartan, kapitel 2 och bilaga, är även ämnad som ett inlägg i diskussionen om geomorfologiska kartor, främst i samband med begränsade ekonomiska ramar. Därför har även ett avsnitt om utformning

av och innehåll hos geomorfologiska kartor inkluderats som bakgrund. Med utgångspunkt från kartan har vissa mer framträdande drag i halvöns geomorfologi tagits ut för närmare granskning. Det gäller blockhaven, kapitel 3, kullar i lösmaterial, kapitel 4, och israndbildningar kapitel 5. Härvid har även laboratorieexperiment gällande frostvittring och jämförande undersökningar av kullar i lösmaterial i Nordnorge och Nordsverige utförts. De olika kapitlen har getts en självständig utformning med separata genomgångar av litteratur, processer och slutsatser. En samlad diskussion av slutsatserna ges i kapitel 6, som fungerar som en syntes av arbetet som helhet.

Den geomorfologiska kartan är avsedd att bilda underlag för ytterligare arbeten inom området samt att, förhoppningsvis, även kunna få viss praktisk användning.

Vid framställningen har stavning av orter och geografiska namn hämtats från Norges Geografiske Oppmålings topografiska karta, serie M711, skala 1:50 000.

Åldersangivelser anges konsekvent i konventionella C14-år ( $T_{1/2} = 5\,568$  år) med 1950 som nollår (XXXX B.P.). Vid underindelning av weichseltid och flandrisk tid användes angivelser enligt förslag av Mangerud et al. (1974). Detta innebär bl.a. att senweichsel omfattar tidsintervallet 10 000 000 - 13 000 B.P. Angivelser enligt andra indelningssystem användes ibland, men då inom parentes. Jämför Mangerud & Berglund (1978).

Samtliga fotografier är, om inget annat anges, tagna av författarna. Kartor och flygbilder är godkända för spridning.

## 1.2 Tidigare undersökningar

"Som Norge förövrig blev ogsaa Finmarken allerede tidlig i forrige aarhundrede bereist av en raekke utenlandske geologer, som har efterlatt sig mer eller mindre vaerdifulde optegnelser om Finmarkens fjeldgrund.", (Holtedahl 1918, s. 1). Holtedahl (op. cit.) börjar på detta sätt inledningskapitlet rörande "Tidligere undersøkelser over Finmarkens fjeldgrund" i "Bidrag til Finmarkens geologi". Kapitlet (op. cit., s. 1-16) ger en utmärkt sammanfattning av de allra tidigaste geovetenskapliga undersökningarna i Finnmark och på Varangerhalvön, utförda på 1800-talet (1810 och framåt) och början av 1900-talet. Även om författaren (op. cit.) behandlar berggrunden, får dessa äldsta arbeten sägas

ha en allmängeomorfologisk inriktning och dåtidens forskare inom ämnesområdena är hellre att betrakta som geomorfologer än som renodlade geologer. Bland utförda pionjärarbeten av ovanstående karaktär kan nämnas Reusch (1891 a), som bl.a. var den förste att beskriva den nu välkända tilliten vid Bigganjaråga och Holtedahl (1918).

Strax efter sekelskiftet kom en del av den geovetenskapliga forskningen i Östfinnmark att få en glacialmorfolologisk inriktning i och med banbrytande arbeten av Tanner (1906 och senare), som veterligen var den förste (1906 och 1907) att presentera heltäckande isobaskartor, strandlinjediagram och isrecessionskartor över området. Isrecessionskartorna baserades huvudsakligen på strandlinjestudier. Den första upptäckten av israndlägen inom Varangerhalvön avser Straumenmoränen (Indre Kongsfjordmoränen) gjordes av Holtedahl 1917 (jfr Holtedahl 1929, s. 12). Bland andra arbeten med glacialmorfolologisk inriktning kan fram till 1970 nämnas Holtedahl (1929 och senare), Rosendahl (1932), Marthinussen (1945 och senare) och Markgren (1956 och senare). Under denna tidsperiod hävdas från biologisk sida, och då huvudsakligen på basis av botaniska observationer, delar av Varangerhalvön som refugieområde. Refugiediskussionen förs som intensivast under 1930-talet med Nordhagen (1933, 1935 och 1936 a och b) i spetsen. Det faktum kvarstår fortfarande, att inom Varangerhalvön återfinnes organismer, framför allt växter, vars invandringsvägar inte är klargjorda.

Någon omfattande forskning med periglacial inriktning har inte bedrivits i undersökningsområdet förrän på 1960-talet, varför arbeten utförda av Svensson (1962 och senare) i detta avseende är att anse som pionjärarbeten på halvön. I detta sammanhang skall påpekas att områdets palsmyrar varit föremål för särskild uppmärksamhet (Åhman 1977).

År 1970 får betraktas som en milstolpe för den glacial- och periglacialmorfolologiska forskningen inom Varangerhalvön i och med att området detta år i sin helhet flygfotograferades. Under senare delen av 1970-talet gavs också ut en ny topografisk karta över området (den gamla var från sekelskiftet). Med hjälp av flygfotografier detekteras nu merparten av de idag kända israndlägena på halvön genom arbeten av Svensson (1971 och 1972) och Svensson et al. (1972). Förutom dessa kan bland arbeten med glacialmorfolologisk inriktning, utförda efter 1970, nämnas Sollid et al. (1973), Marthinussen (1974), Andersen (1979), Kjeldsen & Sollid (1979), Follestad (1980 och 1982), Ofstad (1980). Tolgensbakk & Sollid (1980) och Sollid (ed. 1983).

Preliminära geovetenskapliga studier av undersökningsområdet med hjälp av satellitdata (Landsat) har utförts av Helldén, Malmström & Palmér (1977 och 1979).

Upptäckten av en brottlinje, Trollfjord-Komagelvbrottlinjen (Siedlecka & Siedlecki 1967), tvärs Varangerhalvön är av stor betydelse stormorfologiskt och berggrundsgeologiskt sett. Från 1980 (Siedlecki) finns en modern berggrundskarta över halvön.

För ytterligare information rörande tidigare undersökningar hänvisas till detta arbetes fyra huvudkapitel 2, 3, 4 och 5 samt till delar av detta introduktionskapitel 1.

### 1.3 Beskrivning av undersökningsområdet

Angående undersökningsområdets geografiska läge, se kapitel 1.1.

#### 1.3.1 Tektonik och bergartsregioner

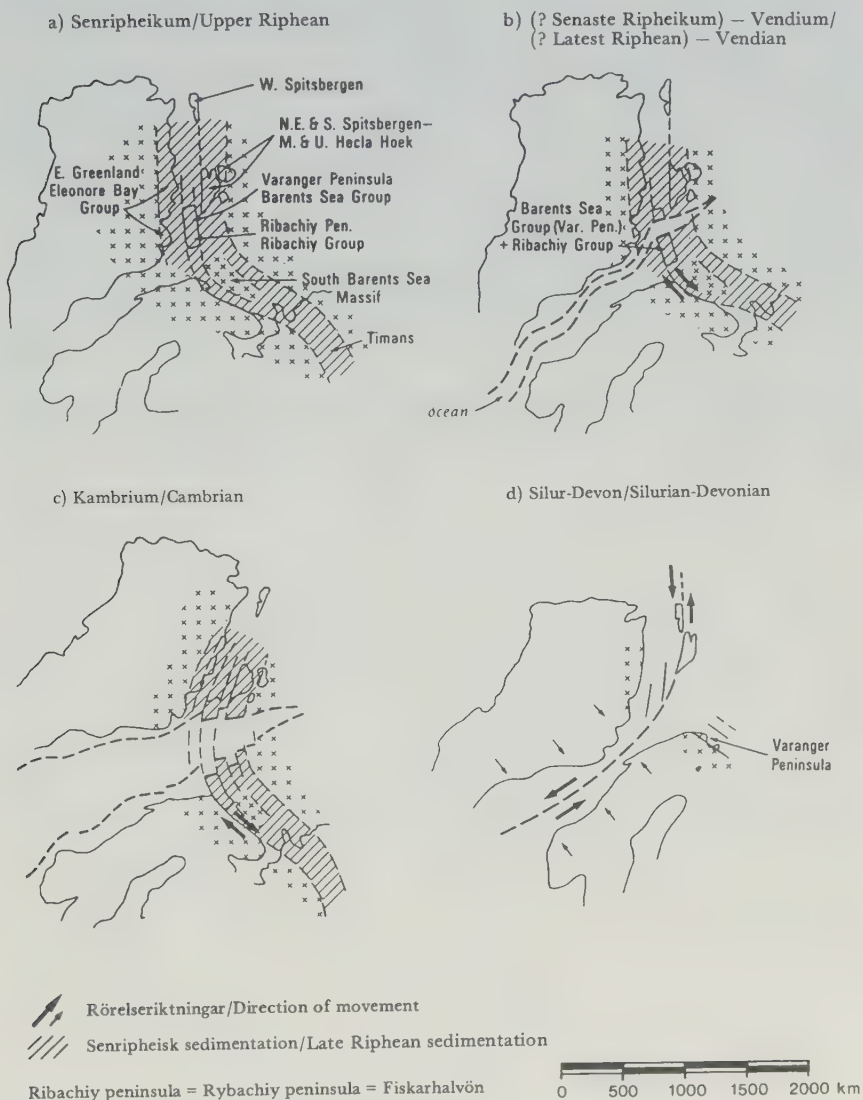
"Geological investigations on the Varanger peninsula, north Norway, over the past few years have added greatly to our understanding of this key area, situated at the junction between the Scandinavian-Caledonian and the Timanian-Baikal orogenic belts (Kjode et al. 1978, s. 132).

För förståelsen av Varangerhalvöns berggrund och stormorfologi är det av betydelse att i någon mån känna till de stortektoniska rörelser, som har givit Nordatlanten och Barents hav med omgivande landmassor sin nuvarande konfiguration. Geovetenskapliga undersökningar, där Nansen kan räknas till en av pionjärerna, har utförts i närmare 100 år. Metoderna har varierat från rena geomorfologiska till komplicerade geofysiska.

Plattektoniska rörelser inom det arktiska havsbäckenet med omgivande landmassor, och den därmed sammanhängande utvecklingen av Nordatlanten diskuteras av bl.a. Churkin (1973), Gayer (1973), Harland (1973), Meyerhoff (1973), Ostenso & Wold (1973), Vogt & Ostenso (1973), Kjode et al. (1978) och Rönnevik (1981) och flera modeller för den paleogeografiska och stortektoniska utvecklingen mellan Baltiska-, Barents- och Laurentiekratonerna har föreslagits. En sådan (Kjode et al. 1978) presenteras i figur 1:2 och avser tiden senripheikum-sendevo.

Varangerhalvöns berggrund är mycket komplex (fig. 1:3-4).





Figur 1:2. Förslag till paleogeografisk och stortektonisk utveckling under tiden senripheikum-devon, när Baltiska-, Barents- och Laurentiakratonerna kolliderar. Efter Kjöde et al. (1977, s. 140).

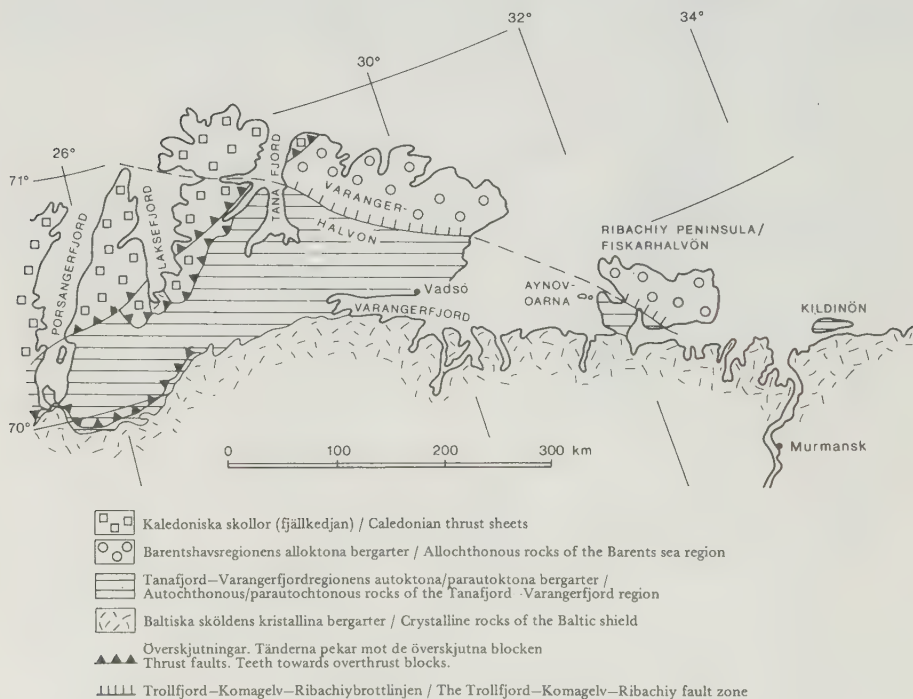
*"Suggested paleogeographical and megatectonic evolution at the junction between the Baltic, Barents and Laurentia cratons at the time interval Late Riphean-Late Devonian."*  
Figure and English text from Kjöde et al. (1977, p. 140).

Sålunda förekommer Baltiska sköldens kristallina bergarter söder om Varangerfjorden, Kaledoniska fjällkedjans metamor-

fa, överskjutna bergarter på halvöns nordvästra del och de senprekambriska-tidigpaleozoiska sedimentära bergarter, som bygger upp huvuddelen av halvön.

Ett markant drag i den stortektoniska bilden av Varangerhalvön är den linje, som kan följas från Trollfjorden på nordvästra delen av halvön till Komagelva på sydöstra delen (fig. 1:2-5 och geomorfologiska kartan). Denna linje är geomorfologiskt väl framträdande även i en enkel topografisk karta och framgår tydligt på flygbilder (fig. 1:5) och satellitregistreringar (Helldén et al., 1977 och 1979 samt fig. 3:16). Linjen kan följas även utanför Varangerhalvön dels mot nordväst på Tanafjordens västsida, dels mot sydost och Fiskarhalvön (fig. 1:3).

Den beskrives första gången av Siedlecka & Siedlecki (1967, s. 292): "The thrust will here be called the Troll-



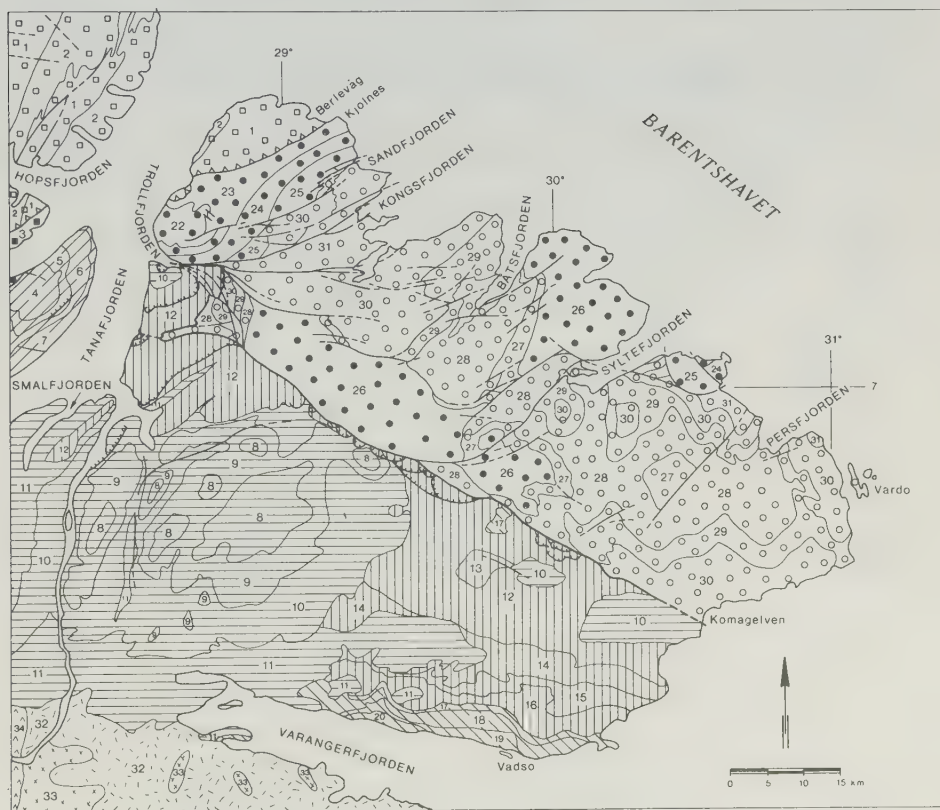
Figur 1:3. Geologisk översiktskarta visande Trollfjord-Komagelv-Ribachiybrottnlinjen och Varanger-Kildinområdets fyra berggrundsregioner. Sammanställd efter Siedlecka (1975, s. 316) och Johnson et al. (1978, s. 518).

*General geological map illustrating the Trollfjord-Komagelv-Ribachiy fault zone and the four bedrock regions of the Varanger and Kildin area. Compiled from Siedlecka (1975, p. 316) and Johnson et al. (1978, p. 518).*

fjord-Komagelv thrust". Roberts (1972, s. 37-38) konstaterar att brottlinjen är en komplext sammansatt rörelsezon med både horisontella och vertikala förskjutningar. Jämför även Siedlecki (1975), Siedlecki (1975), Åm (1975), Strömberg (1976), Johnson et al. (1978) och Vidal (1981).

Över Varangerhalvön finns en modern berggrundskarta (Siedlecki 1980) i flerfärgstryck och skalan 1:250 000. Kartan är sammanställd vid Norges geologiske undersökelse av Stanislaw Siedlecki och baseras på fältarbete och litteraturstudier. Nedanstående sammanfattning av Varangerhalvöns berggrund baseras, när inget annat anges, på denna karta med beskrivning.

Varangerhalvön kan berggrundsgeologiskt indelas i fyra regioner (fig. 1:3-4). Varje region delas i ett antal grupper, som i sin tur består av flera formationer. De fyra



Figur 1:4. Berggrundskarta över Varangerhalvön sammanställd efter Siedlecki & Levell (1978, plate 1) och Siedlecki (1980).

*Bedrock map of the Varanger Peninsula compiled from Siedlecki & Levell (1978, Plate 1) and Siedlecki (1980).*

## BERGGRUND/BEDROCK



KALEDONISKA SKOLLBERGARTER/ROCKS OF CALEDONIAN THRUST SHEETS  
(metamorfa/metamorphic)



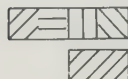
KALASKOLLAN/KALAK THRUST SHEET

- 1 Grå, grön eller svart fyllit med kvartsit och metasandsten/  
Grey, green or black phyllite with quartzite and metasandstone
- 2 Ljus till mörk fältspatrik sandsten, ibland med titanomagnetitkonkretioner/  
Light to dark coloured feldspathic sandstone, sometimes with concretions of  
titanium magnetite



LAKSEFJORDSKOLLAN, LAKSEFJORDGRUPPEN/  
LAKSEFJORD THRUST SHEET, LAKSEFJORD GROUP

- 3 Svart, blågrå eller mörkgrön fyllit, ibland konglomeratisk/  
Black, blue grey or dark green phyllite, sometimes conglomeratic



BERGARTER INOM TANAFJORD-VARANGERFJORDREGIONEN/  
ROCKS WITHIN THE TANAFJORD-VARANGERFJORD REGION  
(autoktona/paraautoktona, sedimentära/autochthonous/paraautochthonous, sedimentary)

- 4 Berlogaissaformationen. Mörk och svart gråvacka och kvartsit. Svart lerskiffer/  
Berlogaissa formation. Dark coloured and black greywacke and quartzite. Black  
shale
- 5 Kistedalformationen. Grå sandsten, gråvacka, lerskiffer och kvartsit/  
Kistedal formation. Grey sandstone, greywacke, shale and quartzite
- 6 Duolbasgaissaformationen. Vit, röd och grå kvartsit och sandsten/  
Duolbasgaissa formation. White, red and grey quartzite and sandstone
- 7 Duolbasgaissaformationen. Röd och vit kvartsit med lerskiffer/  
Duolbasgaissa formation. Red and white quartzite with shale



VESTERTANAGRUPPEN/VESTERTANA GROUP

- 8 Breivikformationen. Grågrön slamsten med lager av kvartsit och gråvacka/  
Breivik formation. Grey green mudstone with layers of quartzite and greywacke
- 9 Stappogjeddeformationen. Röd kvartsitisk sandsten med lager av grågrön gråvacka  
och lersten/Stappogjedde formation. Red quartzitic sandstone with layers of grey  
green greywacke and claystone
- 10 Blågrön ler- och slamsten. Grå kvartsitisk sandsten, ibland konglomeratisk/  
Blue green clay- and mudstone. Grey quartzitic sandstone, sometimes conglomeratic
- 11 Mårtensnes-, Nyborg- och Smalfjordformationerna. Tilliter, rödbrun kvartsit, sand-  
sten och lersten/Mårtensnes, Nyborg and Smalfjord formations. Tillites, red brown  
quartzite, sandstone and claystone



TANAFJORDGRUPPEN/TANAFJORD GROUP

- 12 Grasdal, Hanglecaerro- och Gamasfjellformationerna. Grå dolomit, lersten och slam-  
sten, sandsten och vit, grå, rosa eller röd kvartsit/  
Grasdal, Hanglecaerro and Gamasfjell formations. Grey dolomite, claystone and  
mudstone, sandstone and white, grey, pink or red quartzite
- 13 Vaggeformationen. Gråbrun lerskiffer med tunna sandstenslager/  
Vagge formation. Grey brown shale with thin layers of sandstone
- 14 Dakkovarreformationen. Sandsten med lerskifferinslag/  
Dakkovare formation. Sandstone with some shale
- 15 Stangesformationen. Gråbrun, grön eller röd lersten med inslag av sandsten/  
Stanges formation. Grey brown, green or red claystone with some sandstone
- 16 Grønnesformationen. Ljusgrå eller gul sandsten och konglomerat/  
Grønnes formation. Light grey or yellow sandstone and conglomerate





## VADSÖGRUPPEN/VADSÖ GROUP

- 17 Ekkerøyformationen. Grå, ibland grön eller röd lerskiffer, slamsten och sandsten/  
Ekkerøy formation. Grey, sometimes green or red shale, mudstone and sandstone
- 18 Gulnesformationen. Ljusgrå sandsten med lersten och konglomeratlager/  
Gulnes formation. Light grey sandstone with claystone and layers of conglomerate
- 19 Paddeby- och Andersbyformationerna. Grå och rödaktig sandsten med lerskiffer-  
lager och grå sandsten med sandiga lager/Paddeby and Andersby formations. Grey  
and redish sandstone with layers of shale and grey sandstone with sandy layers
- 20 Fugleberg- och Klubbnesformationerna. Grå sandsten, ibland konglomeratisk och  
grå lersten med sandstenslager/Fugleberg and Klubbnes formations. Grey sandstone,  
sometimes conglomeratic and grey claystone with layers of sandstone
- 21 Veidnesbotnformationen. Gulgrå och röd kvartsitisk sandsten med slam- och ler-  
stenslager/Veidnesbotn formation. Yellow grey and red quartzitic sandstone with  
layers of mud- and claystone

BERGARTER INOM BARENTSHAVSREGIONEN/  
ROCKS WITHIN THE BARENTS SEA REGION  
(alloktona, sedimentära/allochthonous, sedimentary)

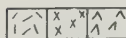
## LÖKVIKFJELLGRUPPEN/LÖKVIKFJELL GROUP

- 22 Skidnefjellformationen. Grågul sandsten med fältspat, konglomerat och enstaka  
skifferlag/Skidnefjell formation. Grey yellow sandstone with feldspar, conglomerate  
and some layers of shale
- 23 Skjaergårdsnes- och Stordalelvformationerna. Grå sandsten med skifferlager/  
Skjaergårds and Stordalelv formations. Grey sandstone with layers of shale
- 24 Styretformationen. Grå och grönaktig sandsten, ibland konglomeratisk/  
Styret formation. Grey and greenish sandstone, sometimes conglomeratic
- 25 Sandfjordformationen. Ljusröd eller grå, grovkornig sandsten och konglomerat/  
Sandfjord formation. Light red or grey, coarse grained sandstone and conglomerate
- 26 Odifferentierade/Undifferentiated



## BARENTSHAVSGRUPPEN/BARENTS SEA GROUP

- 27 Tyvjofjellformationen. Röd, rosa och grå kvartsit/  
Tyvjofjell formation. Red, pink and grey quartzite
- 28 Båtsfjordformationen. Grå och gul sandsten och lersten/  
Båtsfjord formation. Grey and yellow sandstone and claystone
- 29 Båснаeringformationen. Röd kvartsitisk sandsten/  
Båснаering formation. Red quartzitic sandstone
- 30 Lersten, sandsten och kvartsitisk sandsten. Odifferentierade/  
Claystone, sandstone and quartzitic sandstone. Undifferentiated
- 31 Kongsfjordformationen. Mörkgrå, ibland konglomeratisk sandsten och gråvacka  
med grå skiffrig slamsten/Kongsfjord formation. Dark grey, sometimes conglomeratic  
sandstone and alternating greywacke and grey slaty mudstone



## URBERG/CRYSTALLINE ROCKS



- 32 Gnejs och granit/Gneiss and granite
- 33 Metagabbro/Metagabbro
- 34 Amfibolit/Amphibolite



Överskjutning, tänderna pekar mot de överskjutna blocken/  
Thrust faults, teeth towards overthrust blocks



Trollfjord-Komagelvörkastningen/The Trollfjord-Komagelv thrust



Andra förkastningar/Other faults



Mindre överskjutningar/Minor thrust faults



Figur 1:5. Lodbild över Skipskjölen-Kjöltindanområdet på centrala Varangerhalvön (se geomorfologiska kartan). Berggrundsstrukturer i anslutning till Trollfjord-Komagelvbrottlinjen (fig. 1:2-4) framträder tydligt i bilden. Jämför även figur 3:16. Ungefärlig skala är 1:97 000 (originalskalan är ungefär 1:60 000). Flygfoto Fjellanger-Wideröe A/S, Oslo.

*Vertical aerial photograph from the Skipskjölen-Kjöltindan area in the central part of the Varanger Peninsula (geomorphological map). Bedrocks structures in connection with the Trollfjord-Komagelv fault zone (Fig. 1:2-4) can easily be traced. Also compare Figure 3:16. Approximate scale is 1:97 000 (approximate original scale is 1:60 000). Airphoto by Fjellanger-Wideröe A/S, Oslo.*

huvudregionerna är 1) Kaledoniska skollor (fjällkedjan), 2) Tanafjord-Varangerfjordregionens autoktona/paraautoktona, sedimentära bergarter, 3) Barentshavsregionens alloktona, sedimentära bergarter och 4) Baltiska sköldens kristallina bergarter.

1) Kaledoniska skollor (fjällkedjan, fig. 1:3-4).

Inom Varangerhalvön återfinns fjällkedjans bergarter endast i nordvästligaste hörnet som en överskjutning, Kalakskollan (jfr Siedlecka & Siedlecki 1967 och 1972, Siedlecka 1973, Levell & Roberts 1977 och Siedlecki & Levell 1978). Kalakskollan består till övervägande delen av svagt till måttligt omvandlade fältspathaltiga sandstenar, konglomerater, gråvackor och skiffrar. Bergarterna antas vara av senprekambrisk ålder. Ytterligare en skolla kan urskiljas inom kartbladsområdet, dock utanför Varangerhalvön. Denna utgöres av Laksefjordskollan (Laksefjordgruppen) och återfinnes väster om Tanafjorden (fig. 1:3-4).

2) Tanafjord-Varangerfjordregionens autoktona/paraautoktona sedimentära bergarter (fig. 1:3-4).

Bergarterna inom denna region är sedimentära och avsettes huvudsakligen i grundhavet längs Baltiska sköldens rand under ripheikum-tidig ordovicium. Inom regionen finns även glaciala landsediment i form av tilliter. Lagerföljden är sammanhängande och ca 5 000 meter mäktig. Regionen byggs i stort upp av skiffrar, sandstenar (även fältspatförande), kvartsitiska sandstenar, kvart siter, konglomerater och tilliter.

Inom Vestertanagruppen (fig. 1:4), som är ca 1 500 meter mäktig, tilldrar sig Mortensnes-, Nyborg- och Smalfjord formationerna speciellt intresse. Mortensnes- och Smal fjordformationerna består av tilliter och den mellanlig gande Nyborgformationen består av kvartsit, sand- och lersten. Tilliterna beskrevs enligt Oftedahl (1980, s. 47) för första gången av Reusch (1891 c). Jämför Svensson (1969 a).

Tilliten vid Bigganjar ga (Birgitnes, Bigganes) har sedermera blivit en klassisk tillitlokal, som numera är internationellt känd. På denna lokal kan iakttas en tillit, av begränsad utsträckning och mäktighet, vilande på en sandsten i vilken finns isräfflor, som försvinner in under tilliten (fig. 1:6).

Många författare har efter Reusch (1891 b och c) arbetat med tillitformationerna på och i anslutning till Varangerhalvön, bl.a. Törnebohm (1893), Schiöts (1898), Strahan (1897), Holtedahl (1918, 1919, 1932 och 1951), Rosendahl (1931 och 1945), Kulling (1934 och 1942), von Gaertner (1943), Holtedahl et al. (1960), Crowell (1963), Harland (1964 a och b), Spjeldnes (1965), Reading & Walker (1966),

Svensson (1969 a), Banks et al. (1971), Siedlecka & Roberts (1972), Edwards (1972, 1975 och 1979), Björlykke (1973), Föyn & Siedlecki (1980) och Vidal (1981).

Svensson (1969 a) ger en utmärkt sammanfattning över diskussionerna fram till 1969.

Tillitbildningarna (Smalfjord- och Mortensnesformationerna) representerar två nedisningar med mellanliggande interglacial, Nyborgformationen (Föyn & Siedlecki 1980), som huvudsakligen byggs upp av sandstenar. Formationerna dateras (Pringle 1973 och Siedlecki 1980) till eokambrium (vendium, varegium).



Figur 1:6. Den klassiska tillitlokalen vid Bigganjar'ga (Birgitnes, Bigganes), tre kilometer ONO om Karlebotn vid Varangerfjorden. Tilliten, daterad till eokambrium (Pringle 1973 och Siedlecki 1980), vilar på sandsten med korsande isräfflor, som fortsätter in under tilliten. Enligt Reusch (1891 b, s. 29).

*The classical tillite locality at Bigganjar'ga (Birgitnes, Bigganes), three kilometres ENE of Karlebotn by the Varangerfjorden. The tillite belongs to the Eocambrian age (Pringle 1973 and Siedlecki 1980) and rests on sandstone with glacial striae from two directions. The striae continue under the sandstone. From Reusch (1891 b, p. 29).*

3) Barentshavsregionens alloktona sedimentära bergarter (fig. 1:3-4).

Bergarterna inom denna region är sedimentära men svagt omvandlade. Hela regionen har förskjutits från nordväst mot



sydost mellan 500 och 1 000 kilometer (se ovan och fig. 1:2), in bredvid och mot Baltiska skölden och Tanafjord-Varangerfjordregionen under tidsperioden 640-520 milj. år (Taylor & Pickering 1981). Viss överskjutning av Barentshavsregionen, vinkelrätt mot Trollfjord-Komagelvbrottlinjen, över äldre bergarter tillhörande Tanafjord-Varangerfjordregionen kan konstateras.

Barentshavsregionens båda grupper representerar en total mäktighet av 14 000 - 15 000 meter och byggs i stort upp av sandstenar (även kvartsitiska och konglomeratiska), lerstenar och gråvackor. Bergarternas ålder är ripheiskavendiska.

4) Baltiska sköldens kristallina bergarter (fig. 1:3-4). Dessa utgöres till största delen av granitiska gnejser, som ibland är omvandlade till migmatit. Yngre bergarter inom området är metagabbro, amfiboliter, granodioriter, graniter och granitpegmatiter. Bergarternas ålder ligger sannolikt på 2 800-1 900 milj. år.

Inom både Tanafjord-Varangerfjordregionen och Barentshavsregionen förekommer diabasgångar.

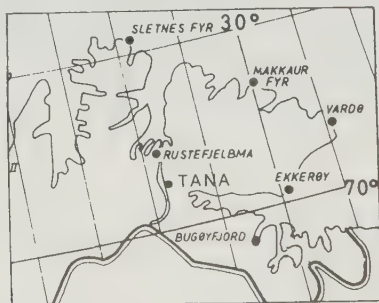
### 1.3.2 Allmän geomorfologisk översikt

Varangernaivon (fig. 1:1 och geomorfologiska kartan) utgör Skandinavien nordöstligaste utlöpare och befinner sig därvid mellan fjällkedjans yttersta rand i norr och den baltiska skölden i söder. Halvön är ca 110 km lång och mäter ca 90 km i nord-syd. Den begränsas i väster av Tanälven och Tanafjorden och i söder av Varangerfjorden, Norges enda östvettande större fjord. Utefter nordkusten finns fyra mindre fjordar, Kongsfjorden, Båtsfjorden, Syltefjorden och Persfjorden. Fjordarna skiljer sig klart från de sydnorska genom att vara vida, grunt inskurna och saknar egentlig överfördjupning och markerad fjordtröskel. Fjordarna på nordkusten markerar avvikande bergartsstråk medan Varangerfjorden på sydsidan markerar gränsen mellan halvöns sedimentära bergarter och den baltiska sköldens kristallina. Halvön uppvisar tydlig platåkaraktär och genomkorsas av ett antal vida dalgångar, se geomorfologiska kartan (bilaga). De högsta partierna återfinns inom västra och norra delarna, Stangenestind 724 m.ö.h. respektive Skipskjölen 633 m.ö.h. Genomgående för de högsta topparna är att de utbildats i relativt sett motståndskraftigare bergarter som

kvartsit och sandsten. Rudberg (Sömme 1968, s. 41) har i en översigtskarta visande morfologiska regioner (fig. 2:9) angett de centrala delarna av halvön som förfjällstyp, kustpartierna som ondulerande kulligt landskap med en relativ relief på över 100 m och sydvästra delen som fjäll i allmänhet. Kusterna skiljer sig så att i norr och väster dominerar branta klippkuster medan flacka kuster, delvis i lösmaterial, präglar södra och östra delarna. Området är relativt sjöfattigt. Sjöarna är koncentrerade till (fig. 3:16) södra och östra kustregionen samt i dalgången i Kongsfjordens förlängning som hyser flera av de största sjöarna (fig. 3:16).

### 1.3.3 Klimat

Varangerhalvön ligger inom området med västvindsregim och har ett maritimt påverkat klimat med milda vintrar och relativt svala somrar. Huvudorsakerna till avvikelserna från det för latituden normala klimatet är att söka hos inverkan från Golfströmmen och områdets utformning just som halvö. Tack vare den förra är hamnarna isfria året runt. Trots de gynnsamma betingelserna har t.ex. Vardö sex månaders vinter och saknar helt sommar enligt klimatologiska



Figur 1:7. Stationsnät: refererad meteorologisk och klimatologisk data (kompletterad efter Norsk Meteorologisk Årbok 1969).

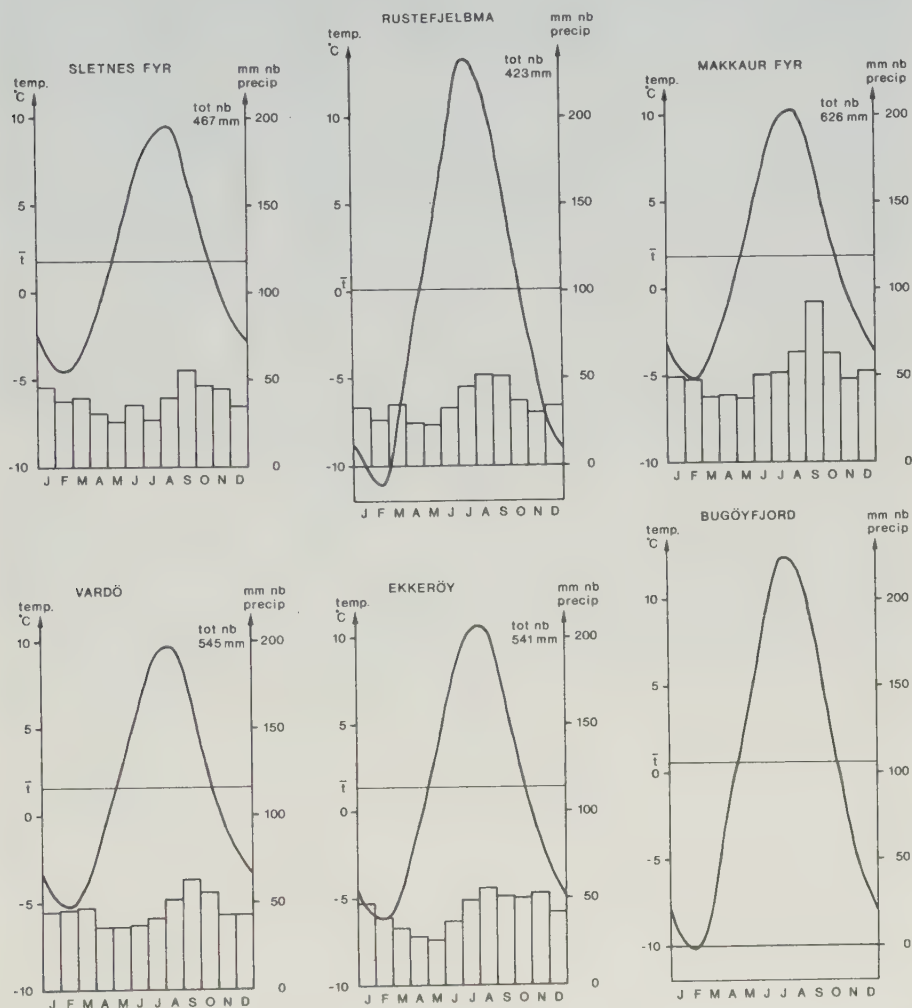
*Network: referred meteorological and climatological data (completed from Norsk Meteorological Årbok).*

definitioner. Under höst och vinter torde denna kust vara en av det europeiska fastlandets stormigaste (Bergeron 1943, s. 5).

Två klimattyper enligt Köppens klimatklassifikationer kan urskiljas. Den nordöstra delen av halvön har ET-klimat (polarklimat, tundraklimat) medan den sydvästra har Df-klimat (kalltempererat klimat, fuktigt hela året). Gränsen

utgöres av en linje mellan Berlevåg och Ekkerøy. Linjen kan följas i terrängen genom att den till stora delar sammanfaller med trädgränsen, som här går ned till havets nivå.

Det Norske Meteorologiske Institutt har idag två väder-



Figur 1:8. Nederbördens och temperaturens årsvariationer under perioden 1931-1960. Sammanställt efter data från Norsk Meteorologisk Årbok. Nederbördsuppgifter från Bugöyfjord saknas.

*The annual variation of precipitation and temperature during the period 1931-1960. Based on data from Norsk Meteorologisk Årbok. No figures regarding precipitation from Bugöyfjord were available.*

|   | Sletnes fyr               | Rustefjelbma | Makkaur fyr | Vardö | Ekkerøy | Bugøyfjord | Sletnes fyr              | Rustefjelbma | Makkaur fyr | Vardö | Ekkerøy | Bugøyfjord |
|---|---------------------------|--------------|-------------|-------|---------|------------|--------------------------|--------------|-------------|-------|---------|------------|
|   | Antal dagar med regn/rain |              |             |       |         |            | Antal dagar med snö/snow |              |             |       |         |            |
| J | 5,0                       | 2,8          | 2,2         | 2,4   | 1,0     | 1,2        | 25,0                     | 22,0         | 21,6        | 22,8  | 17,0    | 21,8       |
| F | 2,0                       | 1,8          | 0,8         | 1,2   | 0,6     | 0,6        | 18,4                     | 15,6         | 16,0        | 18,6  | 11,2    | 15,4       |
| M | 2,8                       | 1,4          | 2,0         | 2,2   | 0,2     | 1,8        | 21,0                     | 19,6         | 17,0        | 17,4  | 14,4    | 18,8       |
| A | 4,4                       | 4,0          | 5,2         | 3,2   | 1,6     | 2,2        | 20,0                     | 15,8         | 18,8        | 16,6  | 14,2    | 16,4       |
| M | 8,6                       | 6,6          | 7,8         | 7,6   | 5,2     | 8,0        | 14,8                     | 8,0          | 12,8        | 11,0  | 6,4     | 8,8        |
| J | 18,2                      | 13,6         | 14,4        | 13,6  | 12,2    | 15,0       | 4,6                      | 3,0          | 4,6         | 4,6   | 2,0     | 2,0        |
| J | 20,0                      | 16,4         | 19,6        | 16,2  | 13,4    | 16,6       | 0,0                      | 0,0          | 0,0         | 0,0   | 0,0     | 0,0        |
| A | 20,6                      | 19,0         | 18,2        | 18,8  | 15,6    | 16,3       | 0,2                      | 0,0          | 0,0         | 0,2   | 0,0     | 0,0        |
| S | 21,0                      | 18,6         | 20,4        | 19,2  | 15,4    | 20,2       | 4,4                      | 4,0          | 3,8         | 3,2   | 1,8     | 1,6        |
| O | 15,2                      | 14,8         | 14,4        | 14,0  | 13,2    | 13,2       | 16,0                     | 13,2         | 12,2        | 13,2  | 9,8     | 12,0       |
| N | 8,6                       | 7,8          | 7,4         | 5,4   | 5,4     | 4,8        | 20,2                     | 20,4         | 17,0        | 17,6  | 14,2    | 19,0       |
| D | 8,0                       | 3,0          | 5,2         | 4,2   | 2,4     | 1,4        | 22,6                     | 21,4         | 19,2        | 18,6  | 16,6    | 20,0       |
| Σ | 134,4                     | 109,8        | 117,6       | 108,0 | 86,2    | 101,3      | 167,2                    | 143,0        | 143,0       | 143,8 | 107,6   | 135,8      |

|   | Sletnes fyr                           | Rustefjelbma | Makkaur fyr | Vardö | Ekkerøy | Bugøyfjord | Sletnes fyr                         | Rustefjelbma | Makkaur fyr | Vardö | Ekkerøy | Bugøyfjord |
|---|---------------------------------------|--------------|-------------|-------|---------|------------|-------------------------------------|--------------|-------------|-------|---------|------------|
|   | Antal dagar med snöblandat regn/sleet |              |             |       |         |            | Antal dagar med snötäcke/snow cover |              |             |       |         |            |
| J | 3,8                                   | 1,4          | 1,0         | 1,6   | 1,0     | 1,0        | 30,0                                | 31,0         | 24,6        | 30,6  | 31,0    | 31,0       |
| F | 1,8                                   | 0,6          | 0,2         | 0,4   | 0,4     | 0,2        | 28,2                                | 28,2         | 27,0        | 28,2  | 28,2    | 28,2       |
| M | 1,6                                   | 1,0          | 1,8         | 1,2   | 0,2     | 1,2        | 31,0                                | 31,0         | 24,8        | 31,0  | 31,0    | 31,0       |
| A | 2,6                                   | 2,2          | 2,8         | 1,8   | 1,2     | 1,6        | 30,0                                | 30,0         | 24,0        | 26,2  | 30,0    | 30,0       |
| M | 4,2                                   | 3,4          | 4,2         | 3,6   | 2,6     | 4,0        | 23,2                                | 18,0         | 16,2        | 16,6  | 24,6    | 13,2       |
| J | 3,2                                   | 2,8          | 3,2         | 2,0   | 2,0     | 1,8        | 0,2                                 | 0,0          | 0,0         | 0,4   | 3,4     | 0,2        |
| J | 0,0                                   | 0,0          | 0,0         | 0,0   | 0,0     | 0,0        | 0,0                                 | 0,0          | 0,0         | 0,0   | 0,0     | 0,0        |
| A | 0,2                                   | 0,0          | 0,0         | 0,0   | 0,0     | 0,0        | 0,0                                 | 0,0          | 0,0         | 0,0   | 0,0     | 0,0        |
| S | 3,0                                   | 2,8          | 1,8         | 1,2   | 0,8     | 1,6        | 1,6                                 | 2,6          | 1,4         | 2,4   | 0,0     | 0,0        |
| O | 7,2                                   | 5,2          | 5,0         | 5,4   | 4,2     | 4,2        | 10,8                                | 16,2         | 3,2         | 8,8   | 14,4    | 13,4       |
| N | 4,8                                   | 4,6          | 4,6         | 2,2   | 3,6     | 2,6        | 19,4                                | 26,4         | 12,4        | 18,8  | 25,4    | 27,4       |
| D | 5,0                                   | 0,8          | 3,6         | 2,6   | 1,8     | 1,4        | 28,0                                | 31,0         | 17,8        | 29,6  | 29,8    | 31,0       |
| Σ | 37,4                                  | 24,8         | 28,2        | 22,0  | 17,8    | 19,6       | 202,4                               | 214,4        | 151,4       | 192,6 | 217,8   | 205,4      |

Figur 1:9. Antal dagar med regn, snöfall, snöblandat regn och snötäcke under perioden 1931-1960. Baserat på uppgifter ur Norsk Meteorologisk Årbok.

*Days with rain, sleet, snowfall and snowcover during the period 1931-1960. Based on data from Norsk Meteorologisk Årbok.*

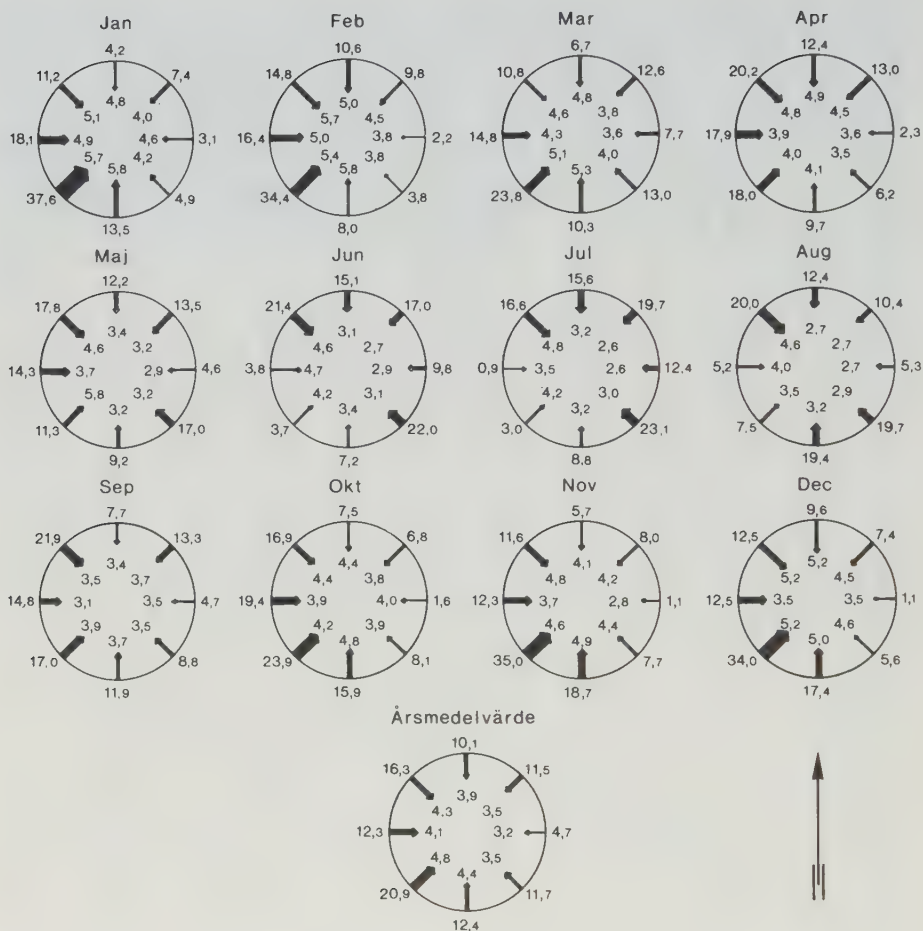


leksstationer på halvön, Vardö på östkusten och Makkaur Fyr på nordkusten (fig. 1:7). Fram till och med juli 1972 fanns även en station på Ekkerøy på sydkusten. Alla tre ligger som framgått vid kusten vilket medför att mätvärden från de inre delarna saknas. Stationer utanför området som kan vara av intresse i sammanhanget är Sletnes Fyr på Nordkinnhalvön, nordöst om halvön, Rustefjelbma, väster om halvön, och Bugöyffjord, söder om halvön. Även dessa stationer ligger vid kusten, Rustefjelbma dock 15-20 km upp längs Tanaälven.

Årsmedelnederbörden ligger mellan 493 och 613 mm för senaste normalperioden, figur 1:8 (Åhman 1977). Det högsta värdet gäller för Makkaur Fyr. Nederbördsmaximum inträffar på sensommaren då luften över Barents hav innehåller mycket vattenånga. Dimma är vanlig över den kalla havsytan, särskilt under sommarmånaderna. Dimman kan med svaga pålandsvindar tränga in över kusterna, men når sällan in i fjordarna. Froströk är under vinterhalvåret typisk för framför allt Varangerfjorden. Antal dagar med snö, regn och snöblandat regn framgår av tabellen i figur 1:9.

Grovt schematiserat brukar polarregionerna sägas vara täckta av ett högtrycksområde (Liljequist 1970, s. 329). Detta får till följd att Varangerhalvön ligger inom ett område där sydvästliga vindar dominerar under året som helhet. Under sommarmånaderna är dock nordväst och sydostvindar vanligast för Makkaur, Vardö och Sletnes. För Tana och Ekkerøy gäller mera nord-sydliga respektive väst-östliga vindar, en modifiering, som till största delen får tillskrivas den lokala topografin. Vindrosor, figur 1:10, för dessa stationer har upprättats av Paulsen (1952). Hans underlag utgöres visserligen endast av en femårsperiod (1937-41) men vid en jämförelse med värden för perioden 1937-47 "er forskjellen överraskande liten" (op. cit., s. 3). Diagrammen för de olika stationerna redovisar endast ett ringa antal dagar med stiltje. Av särskilt intresse ur morfologisk synvinkel är frekvensen kraftiga vindar, då det är dessa som är mest morfologiskt aktiva. Åkerman (1980, s. 37) anger 20 knop (10 m/s) som en lägre gränshastighet för de flesta vindberoende geomorfologiska processer. Andelen av dessa vindar uttryckt i procent av samtliga observationer framgår av figur 1:11. Frekvensen är störst under vinterhalvåret och dygnsmedelvärden över 20 m/s förekommer endast under perioden september-april. Vardö, som ligger mest exponerat, uppvisar de högsta värdena.

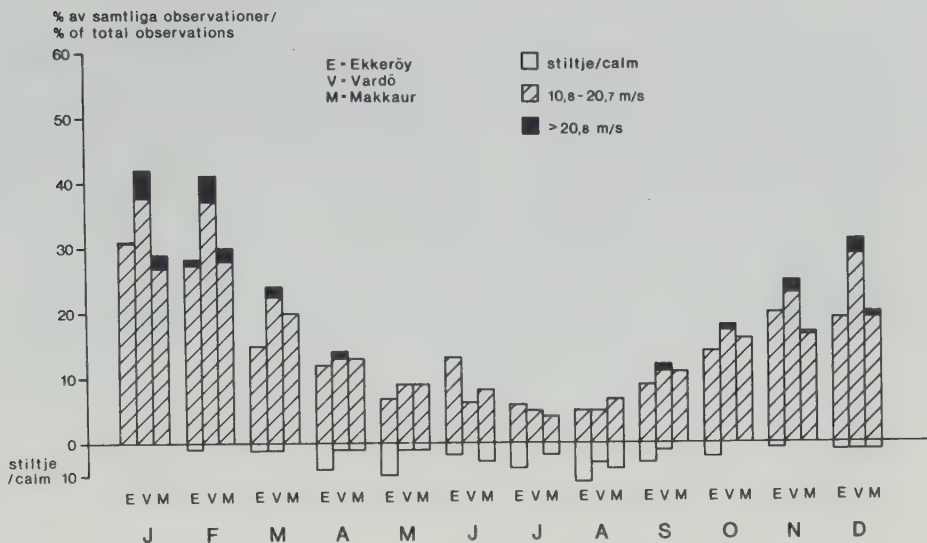
Temperaturen är den klimatologiska faktor, som påverkas



Figur 1:10. Vinduppgifter för några stationer i anslutning till undersökningsområdet. Pilens längd och siffran vid dess spets anger vindstyrkan i Beaufort. Pilens bredd och siffran vid dess bas anger rikningens förekomst i procent under perioden 1937-1941. (Omritad efter Paulsen 1952, s. 30).

Wind-roses for stations in connection with the investigated area. The length of the arrow and the figure at the point of it indicate wind strength in Beaufort. The width of the arrow and the figure at the base of the arrow indicate the frequency of the wind-direction during the period 1937-1941 (redrawn according to Paulsen 1952 p. 30).

kraftigast av områdets utformning som en halvö. Havets utjämnande inverkan under året motsvaras av midnattsolens inverkan på dygnets temperatur. Årsmedeltemperaturen för



Figur 1:11. Andelen vindar med hastighet över 20 knop i procent av samtliga observationer 1931-1960. Baserat på uppgifter ur Norsk Meteorologisk Årbok.

*Wind speeds exceeding 20 knots in percentage of the total number of observations 1931-1960. Based on data from Norsk Meteorologisk Årbok.*

området ligger på knappt  $+2^{\circ}\text{C}$  med månadsmaximum i juli-augusti på ca  $10^{\circ}\text{C}$  och månadsminimum i februari på ca  $-6^{\circ}\text{C}$ , figur 1:8. Rustefjelbma och Bugöyfjord har betydligt större årsamplitud än de övriga stationerna. De förra ligger söder och väster om halvön, figur 1:7, och har därigenom ett något mera kontinentalt läge och klimat.

Vardö har, som tidigare nämnts, nästan 6 månaders klimatologisk vinter. Resten av året utgöres av vår och höst. Sommar saknas således helt (Winter Hansen 1960, s. 43). Redan på sydsidan av Varangerfjorden återfinns dock sommar nästan 2 månader. Dock är här även vintern längre, 6,5 månader. Havsvattentemperaturen registreras vid Makkaur Fyr och uppvisar 1979 ett årsmedelvärde på  $3,7^{\circ}\text{C}$  (Norsk Meteorologisk Årbok 1980) med minimum i januari på  $-0,7^{\circ}\text{C}$  och ett maximum i augusti på  $8,0^{\circ}\text{C}$ .

### 1.3.4 Vegetation och markanvändning

Varangerhalvöns klimat, med polarklimat (tundraklimat) i nordost och ett kalltempererat klimat i sydväst (kap. 1.3.3), dess topografi (kap. 1.3.2) och dess geomorfologi

med extensiva blockhav (kap. 1.3.2 och kap. 3) speglas tydligt i vegetationen.

Enligt Sjörs (1963 och 1967) presentation av Nordens vegetationszoner, hänförs halvöns nordöstra delar till den arktiska zonen (tundra), medan de sydvästra delarna till största delen utgöres av alpina bälten inom en subarktisk zon, den Boreala zonens subalpina björkskogsregion (jfr Naturgeografisk regionindelning av Norden, 1977).

Skogsgränsen, som framgår av den geomorfologiska kartan (bilaga), övertvärrar Varangerhalvöns sydvästra hörn och når som högst upp närmare 250 meter över havet. Den närmar sig havets nivå i väster vid Tanaälvens utlopp i Tanafjorden och i öster vid Vestre Jakobselv (kap. 2.10.2).

Skogen utgöres av fjällbjörkskog (Betula tortuosa) vilket innebär att skogsgränsen bildas av lövskog. Inom björkskogen förekommer större inslag av dvärgbjörk (Betula nana) och olika viden (Salix sp.).

Utanför skogsgränsen finns inom hela halvön med undantag för blockhaven, i skyddade lägen små inslag av videsnår (Salix sp.) och fjällbjörk (Betula tortuosa).

I övrigt återfinns frekvent på kalvfjället, förutom olika örter, gräs, mossor och lavar, dvärgbjörk (Betula nana) och nordligt kråkbär (Empetrum nigrum ssp. hermaphroditum).

Inom blockhaven kan iakttas endast lavar med olika täckningsgrad (kap. 3.2.5, 3.4.3.7 och 3.4.4.3), undantagsvis också någon liten fläck med gräs, mossor och någon ört.

Myrarna, som är relativt grunda, har sin största utbredning i de större dalståken och i kustzonen i söder och öster. Många av myrarna är palsmyrar (geomorfologiska kartan och kap. 2.10.2).

I Varangerhalvöns flora finns inslag av västarktiska, östarktiska och endemiska arter, vars postglaciala utbredningsområde är sådant, att det från biologisk sida antas att dessa växter har "övervintrat" Weichselnedisningen på isfria områden, refugier.

Bland de växter, som i detta sammanhang har dragit uppmärksamhet till Varangerhalvön, märks bl.a. spetsbergsvallmo (Papaver dahliaenum), polarnarv (Arenaria pseudofrigida) och altaifibbla (Crepis multicaulis).

Angående Varangerhalvöns status som refugieområde, se kapitel 3.2.6, och för ytterligare information om vegetation inom och i anslutning till undersökningsområdet hänvisas till O. Dahl (1934), Faegri et al. (1960), Hämet-Ahti (1963), Tutin et al. (1964-1976), Ahti et al. (1968), Hustich (1968), Hultén (1971), Vasari (1971), Gjaerevoll



(1973), Ouren (1977), Åhman (1977), I.C. Prentice (1978) och Seppälä & Rastas (1980).

På Varangerhalvön är endast kusterna bebodda (geomorfologiska kartan) medan övriga delar utnyttjas för renskötsel.

Den största bosättningen utgöres av Vadsö på sydkusten. Staden är fylkesby ("länsstad") i Finnmark fylke och verksamheten är här, förutom till fisket, knuten till administrativa funktioner, servicefunktioner och utbildning. Bland andra större bosättningar märks Vardö längst i öster och Berlevåg och Båtsfjord på nordkusten. Verksamheten är här huvudsakligen uppbyggd kring fisket. Detta är också, tillsammans med lantbruk, den huvudsakliga sysselsättningen inom halvön.

## 2. GEOMORFOLOGISK KARTA

### 2.1 Geomorfologisk kartering

#### 2.1.1 Inledning

Kartan är traditionellt geografernas främsta uttrycksmedel och kartor av olika slag har i alla tider utgjort en naturlig del av geomorfologiska beskrivningar. Även om man i kartform länge beskrivit geomorfologiska företeelser är det först under de senaste decennierna som benämningen geomorfologiska kartor mera allmänt börjat användas.

Geomorfologisk kartering har alltmer kommit att utvecklas till en självständig arbetsmetod. Den innebär inte endast en redovisning av kunskaper utan erbjuder i stället en bas för vidare bearbetning. Från att ha varit av typen enklare skisser har utvecklingen gått mot mera självständiga produkter, vanligen i färgtryck.

Syftet med den geomorfologiska karteringen har varit trefaldigt: att genomföra en geomorfologisk inventering av Varangerhalvön, att erhålla underlag för de följande analyserande kapitlen samt att framställa en lättläst karta till lågt pris utan att skapa ett nytt system för geomorfologisk kartering.

Nedanstående genomgång av geomorfologisk kartering utgör bakgrund till den geomorfologiska karteringen av Varangerhalvön. Avsnittet är relativt utförligt då litteraturen inom området är synnerligen omfångsrik och disparat men då det trots detta gjorts få försök till översikter och sammanfattningar. Olika skolor inom området

exemplifieras, liksom olika sätt att redovisa morfometrin. Speciell uppmärksamhet ägnas den geomorfologiska karteringen i Norden.

### 2.1.2 Definition av geomorfologisk karta

Under benämningen geomorfologiska kartor ryms produkter med stora skillnader i utförande och ambitionsnivå. Rudberg (1974, s. 363) står för en ganska sträng definition av geomorfologiska kartor "Den geomorfologiska kartan vill redovisa alla terrängformer inom den karterade ytan, med deras inbördes relationer, klassificerade med hänsyn till form, storlek, uppkomstsätt, substrat och ålder. Varje yta innehåller former, även en nyanslös slätt hör hit. Den geomorfologiska kartan accepterar inte tomma ytor. Den eftersträvar systematisk redovisning av formerna, vilken kan tillåta jämförelser i tid och rum."

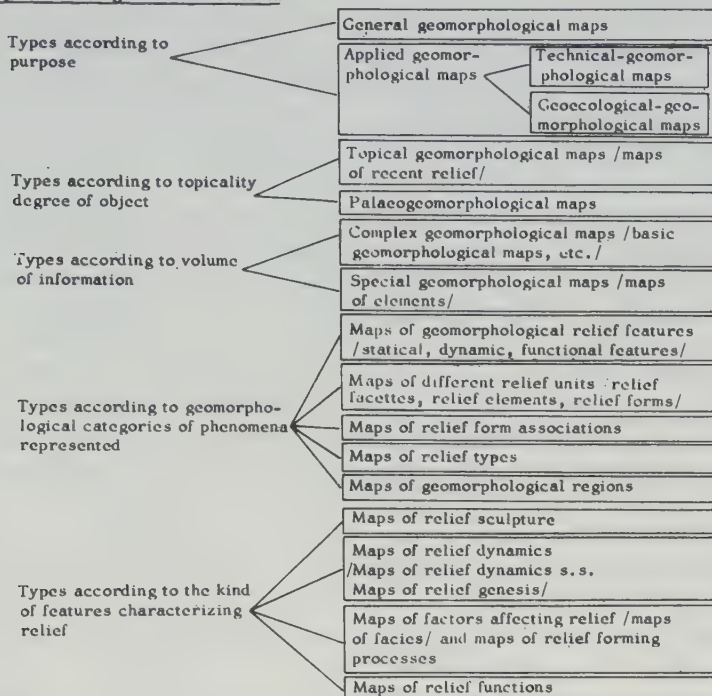
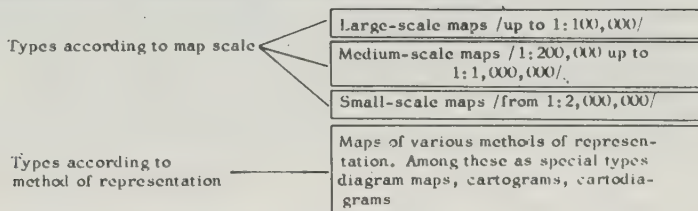
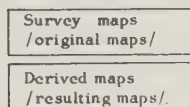
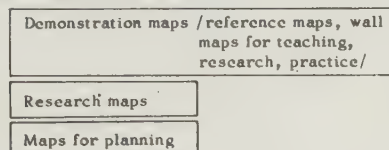
Demek (1963, s. 39) anger en liknande men något vidare definition "diejenige Karte, die uns die wissenschaftliche Charakteristik der Erdoberfläche, was die morphograpische, morphometrische, morphogenetische Seite anbetrifft, und das Alter der einzelnen Formen und deren Gruppen darbietet". I förordet till "Manual of detailed geomorphological mapping" (Demek 1972, s. 13) konstaterar han kort att "Geomorphological maps are maps representing the relief of continents and of sea floors". Scholz (1973, s. 36) är mindre sträng då han beskriver geomorfologiska kartor som en koncentrerad informationskälla.

Den geomorfologiska kartans informationsinnehåll kan systematiseras i:

- morfografi - terrängformernas utseende och form,
- morfometri - terrängformernas storlek och lutningsförhållanden
- morfogenes - terrängformernas uppkomstsätt
- morfokronologi - terrängformernas ålder
- litologi eller substrat - terrängformernas byggnadsmaterial

### 2.1.3 Indelningsgrunder för geomorfologiska kartor

Vid klassificering av geomorfologiska kartor har man utgått från en mängd olika kriterier. En indelning kan grunda sig på: innehåll, skala, reliefutveckling, generaliseringsgrad,

**A Types according to content criteria****B Types according to cartographical-representation criteria****C Types according to the mode of acquirement of information and map production****D Types according to function, range of application**

Figur 2:1. Indelning av geomorfologiska kartor efter olika kriterier (ur Scholz 1978, s. 39).

*Types of geomorphological maps according to different typification features.*

användbarhet, geografiskt område, publiceringsform, framställningsmetod etc. (Scholz 1974 b, s. 398). De olika faktorerna är beroende av varandra, varför det är svårt att renodla indelningen till endast en faktor. Några olika indelningsgrunder och deras resultat redovisas i figur 2:1.

Två huvudriktningar kan urskiljas vid indelningen. Den ena identifierar grupperna geomorfologiska generalkartor och geomorfologiska specialkartor, dock ej nödvändigtvis just med dessa termer (Demek 1972, s. 13f), Salistschew 1967, Cooke & Doornkamp 1974, s. 352 m.fl.). Den senare av dessa grupper uppfyller inte alltid de mera stränga definitionerna på geomorfologiska kartor. Denna huvudriktning, som främst representeras av ryska författare, talar om analytiska, syntetiska och komplexa geomorfologiska kartor (Blagovolin 1978, s. 48, Spiridonow 1956, s. 38).

Den enskilda faktor som har störst inverkan på kartan är förmodligen skalan. Minskad skala leder till ökad generalisering och till en poängtering av strukturer och formgrupper på bekostnad av redovisningen av enskilda formelement, eller med andra ord en orientering från deskriptiv till genetisk och kronologisk inriktning. En mängd olika indelningar har föreslagits varav en del har sammanfattats i figur 2:2. Flera av indelningarna utgör synteser av andra och några av de representerade författarna har i andra sammanhang använt sig av ytterligare andra indelningar, de flesta dock närbesläktade. Trots att det sålunda saknas ett allmänt brukat indelningssystem torde de praktiska problemen och riskerna för förväxlingar på grund av oklar terminologi vara små.

Den indelning som är lättast att förstå utan närmare förklaringar är förmodligen stor-, mellan- och småskaliga geomorfologiska kartor, förslagsvis med gränserna vid 1:100 000 och 1:1 miljon. Dessa gränser är de som mest frekvent återkommer i sammanställningen (fig. 2:2). Den första skalgränsen utgör den gräns där objekt, kanske främst i mellanskala, ej längre kan avbildas enskilt utan måste återges som grupper. Även om den andra gränsen råder ganska stor enighet. Det enda klara undantaget utgöres av Scholz 1973. Han har dock i andra sammanhang (t.ex. Scholz 1974, Dumitrasko & Scholz 1978) använt sig av denna gräns. Gränsen ligger vid den skala där hela länder eller väsentliga delar av dem kan återges i ett kartblad.

Prefix av typen grund-, detalj-, primär- och översiktsutnyttjas flitigt, dock utan konsekvens. För att undvika



| Måttavorn & Palmer 1984        | storskaliga geomorfologiska kartor                                               |            | geomorfologiska kartor i mellanskala |                                                 | småskaliga geomorfologiska kartor              |                  | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------------|------------|
|                                | Large and medium scale maps<br>Detailed maps<br>plans                            | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps |                     |                    |                                     |            |
| Ziudan 1882 s. 475             | Large-scale geomorphological maps<br>geomorphological base geomorphological maps | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |
| Dmitriashko & Scholz 1978 s. 4 | Large-scale geomorphological maps<br>geomorphological base geomorphological maps | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |
| Lakov 1977                     | Large-scale geomorphological maps<br>geomorphological base geomorphological maps | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |
| Scholz 1974 s. 23              | Large-scale geomorphological maps<br>geomorphological base geomorphological maps | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |
| Scholz 1973 s. 91              | Large-scale geomorphological maps<br>geomorphological base geomorphological maps | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |
| Rudberg 1974 s. 364            | Large-scale geomorphological maps<br>geomorphological base geomorphological maps | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |
| Demek 1972 s. 14               | Large-scale geomorphological maps<br>geomorphological base geomorphological maps | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |
| Geller 1968 s. 187             | Large-scale geomorphological maps<br>geomorphological base geomorphological maps | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |
| Leiser 1968 s. 105             | Large-scale geomorphological maps<br>geomorphological base geomorphological maps | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |
| Spindonow 1956 s. 39           | Large-scale geomorphological maps<br>geomorphological base geomorphological maps | basar maps | large scale synoptic maps            | semidetained maps<br>medium scale synoptic maps | normal scale maps<br>small scale synoptic maps | small scale maps | reconnaissance maps | maps of continents | geomorphological maps of continents | world maps |

Figur 2:2. Indelning av geomorfologiska kartor med hänsyn till skalan.  
*Classification of geomorphological maps according to the scale including the one proposed by the authors.*

missförstånd bör därför användningen av dessa begränsas även om man inte helt skall utesluta möjligheten att vid behov ange en speciell inriktning på kartan på detta sätt.

Zuidam (1982, s. 475f) diskuterar sambandet mellan skala och användningsområde. Systematisk geomorfologisk kartering över större områden som hela länder är vanligen inte möjlig att genomföra i skalor mellan 1:10 000 och 1:75 000 då dessa kartor skulle bli alltför detaljerade för normalt bruk. De skulle ta för lång tid att framställa och därmed bli för kostsamma. Dessa olägenheter undviks med en kartskala mellan 1:500 000 och 1:1 miljon men å andra sidan försvinner så många geomorfologiska detaljer i dess små skalor att kartan riskerar att mera redovisa geologin än geomorfologin inom området. Kartor i en skala mellan dessa grupper uppfyller bättre kraven på en systematisk kartering av större områden. Med en skala mellan 1:100 000 och 1:250 000 kan antalet blad och framställningskostnaderna begränsas samtidigt som en rimlig detaljrikedom nås. I tabellen (fig. 2:3) framgår hur olika källors användbarhet för geomorfologisk kartering varierar med skalan.

| Considerations                                                         | possible scales |           |                        |            |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|------------------------|------------|
|                                                                        | 1:50 000        | 1:100 000 | 1:200 000<br>1:250 000 | 1:500 000  |
| Use of aerial photographs                                              |                 |           |                        |            |
| Scale 1:15 000 to 1:20 000                                             | good            | fair/good | fair/poor              | very poor  |
| Scale 1:25 000 to 1:50 000                                             | good            | good      | fair                   | very poor  |
| Use of orbital satellite images                                        | poor            | fair*     | fair/good*             | fair/good* |
| Use of topographical maps                                              |                 |           |                        |            |
| Scale 1:25 000                                                         | good            | fair/good | poor                   | very poor  |
| Scale 1:50 000                                                         | very good       | good      | fair/good              | poor       |
| Scale 1:100 000                                                        | fair            | very good | good                   | fair       |
| Scale 1:200–250 000                                                    | very poor       | fair      | very good              | good       |
| Use of geological and soils maps                                       |                 |           |                        |            |
| Scale 1:50 000                                                         | very good       | good      | fair/good              | fair       |
| Scale 1:100 000                                                        | poor            | very good | good                   | good       |
| Scale 1:200–250 000                                                    | very poor       | fair/good | very good              | good       |
| General experience and practical use in generalization                 | good            | good      | fair                   | poor       |
| Recognition of sufficient geomorphological detail after generalization | good            | good      | fair                   | poor       |

\* Depending on the area and image quality

Figur 2:3. Olika källors användbarhet vid geomorfologisk kartering och dess variationer med skalan (ur Zuidam 1982, s. 477).

*Different sources and their usefulness for systematic geomorphological mapping and the scale variance.*

## 2.2 Tidig geomorfologisk kartering

Passarge presenterade 1912 ett system för geomorfologisk kartering och 1914 en geomorfologisk karta som omfattade bladet Stadtrenda i Thüringen i sydvästra delen av nuvarande Östtyskland (Passarge 1912 och 1914). Detta brukar anges som den första geomorfologiska kartan. Arbetet ingick i ett försök att ställa processerna i förgrunden och utgjorde ett första försök att, inom ett begränsat geografiskt område, redovisa reliefens genes med målet att kunna urskilja regioner som domineras av likartade processer. Arbetet omfattar åtta stycken kartor i färg och en omfattande beskrivning. Kartorna, i skalan 1:50 000, behandlar topografi och vegetation, lutningsvinklar ( $0-5^{\circ}$ ,  $5-20^{\circ}$ ,  $20-35^{\circ}$ , över  $35^{\circ}$ ), dalformer, geologi, mekanisk respektive kemisk motståndskraft, jordmån och genes. Det är sålunda inte frågan om ett enda kartblad utan en atlas med specialkartor. Passarge sammanfattar sina resultat av arbetet i punktform (Passarge 1914, s. 216f). Punkterna är i korthet dessa:

1. Metoden att systematiskt kartera de verksamma krafterna har den fördelen att man tvingas att mera noga överväga olika alternativ.
2. Arbetsmetoden har visat att noggrann kännedom om den geologiska uppbyggnaden, jordarterna och inte minst de klimatologiskt betingade krafterna utgör grunden för insikt om geomorfologin.
3. Deduktiva, härledande metoder, som förespråkades av bl.a. W.M. Davis, kan endast användas i begränsad omfattning.
4. Om undersökningarna gäller ett mycket litet område är resultatet endast giltigt för detta.
5. Arbetet med kartorna har endast gett positiva erfarenheter. Av dessa var stimulansen till fortsatta arbeten den viktigaste.
6. Det är önskvärt att undersöka lösmaterialet genom systematiska grävningar. Detta skulle föra in den geomorfologiska forskningen i riktiga banor och på denna geologiska grund kunna nå en rikare förståelse för jordytans gestaltning.

Passarges erfarenheter från arbetet var således positiva. Området demonstrerades vid exkursioner bl.a. för Rathjens som genomförde ett motsvarande arbete inom ett närliggande område (Rathjens 1920). Detta arbete kom att utgöra andra delen av Passarges "Morphologischer Atlas". En av de här ingående kartorna benämnes morfologisk. Den visar förutom flodterrasser av olika generationer även avlagringar både

från "der Soliflukationszeit" och av yngre ålder på ett topografiskt underlag.

Det förekom även andra tidiga karteringar, många från Tyskland och de forskare som kritiserade Davis. Hettner (1921) utgick vid sin karteringar från lutningsvinklar och berörde inte formernas genes men resultatet överensstämde i övrigt ganska väl med Passarges. Gehne (1912 a, b) presenterade däremot en geomorfologisk karta i skalan 1:50 000 som till skillnad från de tidigare nämnda bestod av ett kartblad. Det visar, mot topografisk bakgrund, reliefen med höjdkurvor och skraffering för absolut och relativ höjd, sluttningarnas beskaffenhet, geologin samt morfologin med särskild hänsyn till kronologin. Däremot saknas, påpekar Gehne (1912 a, s. 72), en viktig faktor, nämligen vegetationstäckningen. Bland småskaliga arbeten kan de av Machatschek (1917) och Maul (1933) nämnas. Det förra visar spår från olika erosionscykler i gränsområdet mellan nuvarande Östtyskland och Tjeckoslovakien medan det senare är en översiktskarta över Europa. Med olika skrafferingar visas morfologiska enheter som moränlandskap, restberg med mera. De enskilda reliefelementen representeras med symboler.

Dessa tidigaste arbeten och den fortsatta utvecklingen har behandlats av Spiridonow (1956) och Scholz (1973). Karteringarna ledde inte till något allmännare intresse för geomorfologisk kartering utan de får ses som ganska isolerade företeelser. De kartor som förekom i geomorfologiska arbeten var vanligen ämnade att illustrera författarens slutsatser och var inte resultatet av systematiskt fältarbete.

### 2.3 Modern geomorfologisk kartografi

Det var först efter andra världskriget som krav från planerare, agronomer och ingenjörer, inte minst i länder med planhushållning, ledde till ett förnyat intresse för karttypen. Från Schweiz kom många bidrag som förde den geomorfologiska kartografin framåt, ofta i form av doktorsavhandlingar (Annaheim 1945, Boesch 1945, Merian 1946, Bögli 1947, Bornhauser 1950, Helbling 1952 m.fl.).

Annaheim (1956 a, b) och Klimaszewski (1960) aktualiserade ämnet vid IGU:s kongress i Rio de Janeiro 1956. Det fortsatta arbetet koncentrerades i stor utsträckning till Europa och där främst Polen (Galon 1963, Klimaszewski 1963 a, Gilewska 1974, Starkel 1974, Gilewska et al. 1982), Frankrike (Tricart 1955, 1965, 1972), Sovjetunionen (Gerasimov 1960, Bashenina 1974, 1978, Aseyev et



al. 1976) samt något senare även Tjeckoslovakien (Demeč 1963), Ungern (Bulla & Pecsí 1963), Belgien (Gullentops 1964), Kanada (Hare 1959, St-Onge 1964) och Holland (Verstappen & Zuidam 1968, Verstappen 1970).

Arbetet med att utveckla legender för geomorfologiska kartor kom att utmärkas av en hög ambitionsnivå och krav på en fullständig geomorfologisk redovisning. Resultatet tenderar att bli ytterst komplicerade och omfångsrika legender som kräver ett flertal färger. De är dessutom ofta svåra att tillämpa inom andra landskapstyper än dem där de konstrueras. Detta har lett till att man i vissa fall valt att avstå från att söka åstadkomma en i alla avseenden fullständig återgivning av geomorfologin för att få en mer lättläst och därmed användbar produkt.

Nedan kommer det internationella arbetet med att konstruera en enhetlig legend att diskuteras i samband med IGU:s "Unified Legend". Den får även representera den förra inriktningen medan ITC:s legend utgör exempel på den senare.

### 2.3.1 IGU:s arbete med en universell legend för geomorfologisk kartering

Enigheten är stor om behovet av en universell legend "... a universally valid key, satisfying, in its salient differentiation, all regional facts, and various scientific requirements which enable international comparison between maps beyond the different character of the regions and beyond the geomorphological doctrine. This should be the aim of joint international efforts" (Gellert & Scholz 1964, s. 30). Arbetet med att upprätta en enhetlig universellt tillämplig legend bedrivs främst i Internationella Geografunionens (IGU) regi. Det har resulterat i en mängd rapporter och artiklar (Klimaszewski 1963 b, Demek 1967, 1972, 1974, 1976 a, b, Demek & Embleton 1978 m.fl.). Klimaszewski (1982, s. 266ff) har gjort en sammanfattning av arbetet: Vid IGU:s 18:e kongress i Rio de Janeiro förekom, som nämnts, föredrag om framställning av geomorfologiska kartor av Annaheim och Klimaszewski och stort intresse för ämnet ägnades av "the commission on applied geomorphology". 1960 hölls nästa kongress, denna gång i Stockholm. Då hade antalet föredrag i ämnet vuxit till åtta, och vid en presentation av en jämförelse mellan legender som uppställts, oberoende av varandra, i Schweiz, Sovjet, Polen, Frankrike, Tjeckoslovakien, Japan, Belgien och Ungern konstaterades att de skiljer såväl i innehåll som i redovisningsstil. En

subkommission för geomorfologisk kartläggning bildades, med följande uppgifter:

1. Att introducera geomorfologisk kartläggning, med en detaljerad geomorfologisk karta som slutresultat, som arbetsmetod inom geomorfologin.
2. Att anta ett enhetligt system för framställning av detaljerade geomorfologiska kartor i avsikt att säkra möjligheterna att jämföra dem.
3. Att möjliggöra ett rationellt utnyttjande av jordytan genom att upprätta geomorfologiska kartor för användning inom både lokal och regional planering.

Under en rad sammanträden utvärderades olika geomorfologiska kartor, och principer för konstruktion av detaljerade geomorfologiska kartor i skalor mellan 1:10 000 och 1:100 000. Detta för att, i enlighet med kommissionens uppgifter, säkra möjligheter till jämförelser mellan dem oberoende av från vilket land och från vem de härstammar, samt den praktiska nyttan av kartorna. Vid subkommissionens sammanträde i Krakow 1962 enades man om följande principer vid upprättandet av detaljerade geomorfologiska kartor:

1. En detaljerad geomorfologisk karta måste baseras på geomorfologisk kartering i fält, användning av flygbilder rekommenderas.
2. Detaljerade geomorfologiska kartor utarbetas i skalorna från 1:10 000 till 1:100 000 då detta skalintervall är lämpligast för återgivande av reliefen och dess särdrag.
3. En detaljerad geomorfologisk karta skall ge en fullständig bild av reliefen och möjliggöra för en användare att förstå reliefens karaktär, dess historia och att förutse kommande utveckling. Kartan skall innehålla morfografiska, morfometriska och morfokronologiska data och informera om utbredning av och samband mellan formelement med speciellt utseende, storlek, ursprung och ålder.
4. Alla undersökta formelement skall redovisas på kartan med skalriktiga symboler. Genom symboler och färger ges information om landformernas utseende, storlek, genes och ålder.
5. Det är nödvändigt att klarlägga landformernas ålder för att kunna redovisa morfokronologin.
6. Substratet skall utmärkas med speciella symboler, företrädesvis i bakgrunden.
7. Legendens skall uppställas i genetisk-kronologisk ordning.
8. Den detaljerade geomorfologiska kartan är av stor betydelse för utvecklingen av geomorfologiska och regionalgeografiska undersökningar inom områden med olika struktur och med olika klimatologiska förhållanden.

En speciell grupp arbetade med att konstruera en enhetlig legend. Denna, "The Unified Key to the Detailed Geomorphological Map of the World 1:25 000-1:50 000", presenterades vid IGU-kongressen i New Delhi, 1968. Vid samma kongress ombildades subkommissionen till en kommission för geomorfologisk kartering med främsta uppgift att utarbeta en "Manual of Detailed Geomorphological Mapping" och en "Legend to the International Geomorphological Map of Europe". Den förra (Demek 1972) omfattar 344 sidor och består av bidrag från 21 författare som behandlar detaljerad geomorfologisk kartläggning och -kartor, dels allmänt och dels inom geografiska områden med olika strukturer och klimat, samt användningsområden för kartorna. Som bilaga återfinns "Project of the Unified Key to the Detailed Geomorphological Map of the World" det vill säga den legend som utarbetats av subkommissionen. Intentionerna exemplifieras med två kartor i skalan 1:50 000 som dock ej helt följer den föreslagna legenden.

Legenden är starkt påverkad av den polska. Man använder ytfärger för att återge ursprung och nyanser för åldern. Mörka nyanser för yngre former och ljusa för äldre. Finindeling av åldern sker med hjälp av bokstäver. I avsikt att minska tryckkostnaderna har man strävat efter att hålla antalet färger nere. Legenden innehåller sju färger varav en del i olika nyanser (se kap. 2:9). De enskilda landformerna redovisas med symboler i mättade färger där man eftersträvat enkelhet, lättlästhets och porträttlikhet med respektive landform. För ackumulationsformer har man försökt att utnyttja punktsymboler och för erosionsformer har man försökt utnyttja linjesymboler. Dessa symboler återfinns i ovannämnda "Manual" i en lista som är numrerad 1-353, vissa nummer dock med ända upp till 12 varianter varför totala antalet tecken är betydligt större. Morfometrisk data redovisas med hjälp av höjdkurvor och grå raster för olika lutningsvärden. De kartor som medföljer legenden har här frångått rekommendationerna och anger lutningsvärden med nyanser i respektive färg i stället för med grå raster. Beteckningar för substrat återfinns endast sparsamt. Kartan ger sålunda en bild av reliefen ur både genetisk och kronologisk synvinkel samt möjliggör en rekonstruktion av den geomorfologiska utvecklingen, förutom en värdering av denna från praktiska (ekonomiska) synpunkter. Legenden är jämfört med den polska mindre lättläst och plastisk men billigare att trycka då den innehåller färre färger än den polska som har tretton färger och flertal nyanser av dessa.

Detta förslag till en internationell legend för detaljerad geomorfologisk kartering har flitigt diskuterats och

även utsatts för viss kritik. Borisevich och Spiridonow (1976) kritiserar legenden på fem punkter:

1. Antalet tecken (350 st.) är för stort vilket är en följd av att färgerna nyttjas för att representera formgrupper i stället för enskilda form- eller reliefelement.
2. Morfoskulptur och morfostruktur återges med bakgrundsfärger vilket leder till att de inte framträder tillräckligt tydligt. Morfostrukturer, utom vulkaniska sådana, orsakas av neotektonisk deformation av jordytan som ett resultat av exogena krafters erosion och ackumulation. Detta motiverar, enligt författarna, en mera framträdande markering genom olika teckensystem som lägges över den andra informationen.
3. Åldern markeras, fränsett bokstavs-beteckningarna, med endast två färgnyanser. Enligt rysk erfarenhet krävs 35-40 olika tecken för detta.
4. Erosions- och ackumulatinsformer markeras med olika färger vilket medför att samma landformer (till exempel marina terrasser med både erosion och ackumulation) visuellt delas i två olika grupper.
5. Sluttningsarnas lutningsvärden återges med gråtoner som ej är förenliga med de bakgrundsfärger som anger genes och ålder.

Som ytterligare en svaghet framhålls att kommissionen föreslår skilda legender för stor-, mellan- och småskalig geomorfologisk kartering. Ryska erfarenheter pekar på att det är möjligt att nyttja en gemensam legend för skalor åtminstone upp till 1:2 500 000.

I kritiken framkommer den ryska starka betoningen av strukturella drag, morfostrukturer. (Sub-) kommissionens ordförande Jaromir Demek har berört kritiken (Demek 1976 b, s. 43). Han diskuterar kritik från Bashenina (1975, s. 68) gällande att tillräcklig uppmärksamhet ej har riktats mot den tropiska klimatregionens former, och att återgivningen av sluttningsprocesserna har begränsats. Demek anser att legenden är ett betydande steg i riktning mot en standardisering av de geomorfologiska kartorna. Han påpekar att legenden är att anse som en ram som kan kompletteras vid behov (tecknen utgör öppna serier). Den är tänkt att användas för geomorfologiska generalkartor och fyller därför ej alla krav som ställs på morfostruktur- eller andra specialkartor. Praktisk erfarenhet har visat att den är lämplig för skalor från 1:10 000 till 1:100 000.

Vid tillämpning av legenden på nordiska områden kan vissa problem uppstå. Rudberg (1974, s. 369) pekar främst på avsaknaden av möjligheter att redovisa berg i dagen, berggrundsstrukturernas roll samt lösmaterialets sammansätt-



ning. När det gäller små- och mellanformer kan serierna lätt kompletteras.

Arbetet med den geomorfologiska översiktskartan bedrivs i samarbete med UNESCO. Kartan var ursprungligen avsedd att publiceras i skalan 1:500 000, men utges nu i 1:2 500 000 (Demek 1976 a, b). Den senare skalan har valts så att det skall vara möjligt att utnyttja den nya topografiska världskarta som sammanställts av de socialistiska länderna samtidigt som skalan är tillräckligt detaljerad för kartor över en enskild kontinent samt möjliggör utgivning av kartan som väggkarta förutom som separata blad.

Kartan baseras på ett morfostrukturellt synsätt och bygger på identifiering av morfotektoniska enheter. Dessa har av Rudberg (1979, s. 9) för nordiska förhållanden tolkats som urbergssköldar, kaledoniska bergskedjan etc. För att markera dessa används ytfärger. Olika nyanser av dessa färger anger reliefklasser 0-30, 30-75, 75-300, 300-600 och över 600 meter över havet. Gråraster används för terrängens storformer, medan punkt- och linjesymboler visar mindre former. I det senare fallet är det främst fråga om resultat av exogena krafters verksamhet, den så kallade morfoskulpturen. Symbolen bestäms av formens genes.

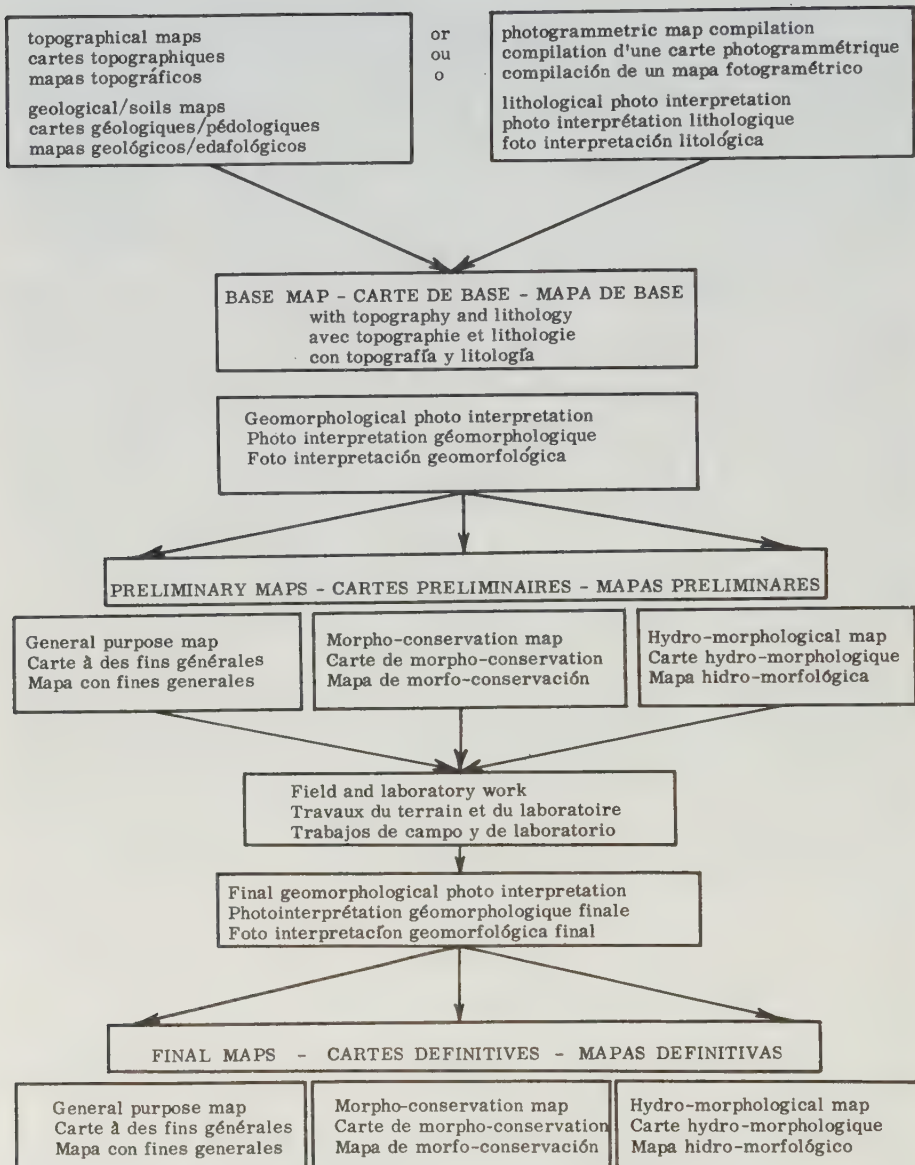
Ett första blad över Mellaneuropa (nr 10) är för närvarande klart.

I IGU:s regi har även framställts ett förslag till legend för geomorfologiska kartor i mellanskala (Demek & Embleton 1978). Uppläggningsen liknar i stort den för detaljerade kartor. Man har emellertid när det gäller kartor i skala mindre än 1:500 000 närmast sig det morfostrukturella synsättet i legenden för den småskaliga geomorfologiska kartan.

### 2.3.2 ITC:s system för geomorfologisk kartering

The International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede i Holland har en omfattande internationell verksamhet med bland annat geomorfologisk kartering. Man saknade därvid en legend som var tillräckligt flexibel för att vara universellt tillämplig, därför konstruerades ett nytt system med följande målsättningar (Verstappen 1970, s. 88):

1. Systemet skall vara användbart för de mest varierande terrängtyper. I stället för att ge en uttömmande lista över symboler måste systemet, för att nå den önskade flexibiliteten, överlåta många beslut åt den aktuella kartören.



Figur 2:4. Flödesschema över arbetsgången vid upprättande av geomorfologiska kartor enligt ITC:s system (ur Verstappen & Zuidam 1968, s. 20).

Flow diagram illustrating the ITC System of geomorphological mapping (from Verstappen & Zuidam 1968, p. 20).

2. Kartorna skall vara enklast möjliga för att undvika de alltför vanliga och nästan oöverstigliga kartografiska problemen och de höga tryckkostnaderna.

3. Systemet skall vara tillämpligt för kartering i alla skalor, även om kartornas innehåll varierar med skalan. På småskaliga kartor får symboler för olika småformer automatiskt uteslutas och ersättas med symboler för formgrupper.

4. Geomorfologiska generalkartor (standard geomorphological maps) skall kompletteras med geomorfologiska specialkartor som framställs parallellt.

5. Det är önskvärt att minska avståndet mellan analytisk geomorfologisk kartering och terrängklassificeringssystem (land system survey). Därför nyttjas ytfärger för större genetiskt enhetliga landformsenheter och ej för substrat, kronologi eller liknande.

I de flesta system för geomorfologisk kartering rekommenderas användningen av flygbilder i någon form. Här är emellertid knytningen till flygbilderna betydligt starkare och flygbildsanalysen utgör ett huvudmoment vid karteringen. Verstappen (1980) pekar på flygbildens speciella fördelar i sammanhanget. Den användes för att upprätta det topografiska underlaget, för att planera fältarbetet, för att lokalisera och markera fältobservationerna och framför allt möjliggörs ett snabbare fältarbete då de återger olika formelements exakta form och mönster. Man erhåller även morfometrisk information och övrig kunskap om substratet. Vid karteringen upprättas parallellt tre stycken kartor: en allmän "general purpose map" och två specialinriktade kartor "morpho-conservation map" och "hydro-morphological map". Vid behov kan dessa kompletteras med ytterligare andra specialkartor. Arbetsgången har åskådliggjorts i ett flödesschema av Verstappen och Zuidam (1968, s. 20) (figur 2:4).

I de allmänna, "general purpose", kartorna framhävs morfogenes och kronologi. Kartografins starkaste uttrycksmedel, färgen, används för att markera större genetiskt enhetliga landskapsenheter. Substratet anges normalt med grå symboler men kan vid behov framhävas genom införande av enheter som granitiskt restberg eller dyligt. Redovisning av sluttningsklasser har bedömts vara av mindre intresse hos denna karttyp och anges därför inte, vilket bidrar till att sänka tryckkostnaderna. Av samma skäl återges mindre landformselement och kronologi i svart.

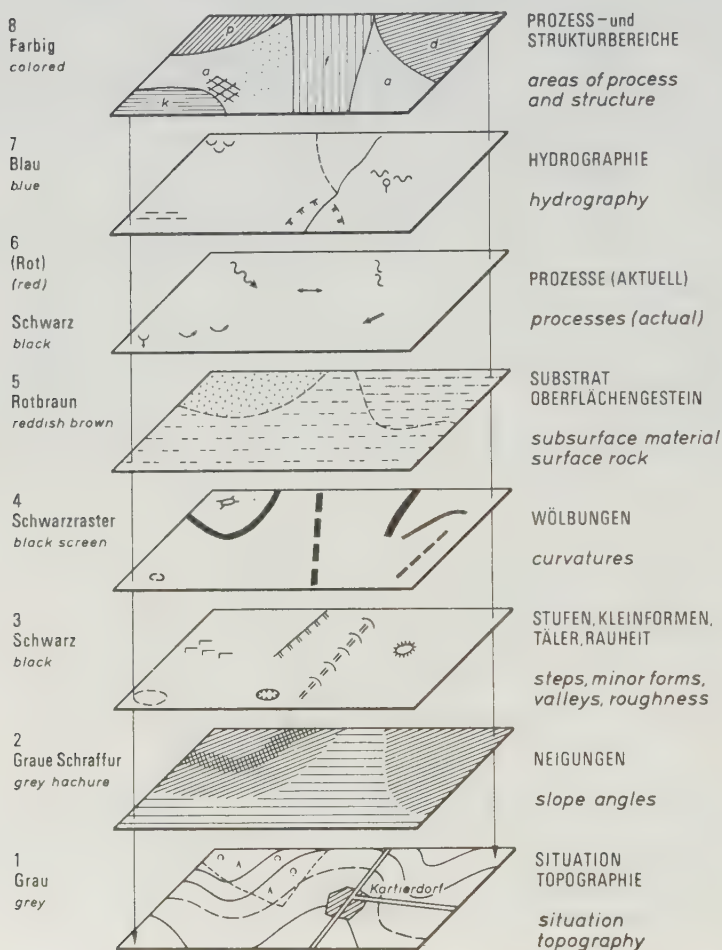
Stor vikt läggs däremot vid redovisningen av sluttningsarna i "the morphoconservation map" medan "the hydro-morphological map" framhäver hydrologiskt inriktad

information.

Man har alltså här arbetat med en något annan målsättning än vid upprättandet av IGU:s legend och medvetet avstått från fullständighet och detaljrikedom till förmån för lätlästhets och flexibilitet i avsikt att göra kartorna mera lättillgängliga för ickegeomorfologer.

## INFORMATIONSSCHICHTEN DER GMK 25

### layers of information in the GMK 25



Figur 2:5. De olika informationsskikten i GMK 25, den västtyska geomorfologiska kartan, 1:25 000 (ur Barsch & Liedkte 1980, s. 300).

The different information layers of the GMK 25, the geomorphological map, 1:25 000, of the BRD (from Barsch & Liedkte 1980, p. 300).



Delvis samma tankegång finns i det tyska GMK-programmet för geomorfologisk kartläggning eller "das Schwerpunktprogramm Geomorphologische Detailkartierung in der Bundesrepublik Deutschland" där man i stället för att skapa en förteckning över formelement byggt upp kartan i olika informationsskikt (Leser & Stäblein 1975, Fränzle et al. 1979, Barsch & Liedtke 1980 a, b) (figur 2:5). Förutom den fullständiga versionen utges en "Auszugskarte" med valda delar av informationen och en "Auswertragskarte" där delar av informationen kompletterats med upplysningar från annat håll. Härmed hoppas man erhålla större utnyttjande av kartorna och undvika den motsättning som ligger i att den information som är av primärt intresse ur morfogenetisk synvinkel för universitetsmorfologer ofta anses ovidkommande när det gäller praktiska tillämpningar. Genom att på detta sätt minska informationstätheten hos kartorna blir de väsentligt mera lättlästa.

### 2.3.3 Jämförande karteringar med olika legender

Mot bakgrund av den heterogenitet som råder mellan olika legender är det en oväntad slutsats Gellert och Scholz (1964, s. 30) når vid en jämförelse mellan olika legender i skalorna 1:25 000-1:50 000. De konstaterar nämligen att: "It appears that these maps are better compared according to their geomorphological contents than may be expected from the very different methods of cartographic representation and especially from the very different methods of cartographic representation and especially from the markedly different scientific conceptions employed (morphographic-morphometric, morphogenetic, morphocronological, lithological-structural)". Denna enhetlighet förklarar författarna med det begränsade skalomfånget och de därmed sammanhängande möjligheterna att återge geomorfologiska element av mindre vikt.

Det har genomförts flera karteringar av begränsade områden med olika legender i avsikt att utvärdera de senare. Gilewska (1967) har i en ofta citerad uppsats diskuterat resultatet av en kartering av ett parti i Schlesien med franska, ungerska, ryska och polska legenden. Hon konstaterar därvid stor skillnad i innehållet mellan de olika kartorna och att ingen av legenderna kan anses idealisk. Sedan Gilewska genomförde sin sammanställning har de använda legenderna delvis omarbetats.

Dorsser och Salomé (1973, 1974) genomförde en jämförande geomorfologisk kartering i skala 1:25 000 inom ett lössjordsområde i södra Holland. Av de använda legenderna från Schweiz, Tjeckoslovakien, Polen, Holland (ITC), Frankrike och IGU:s Unified Key föredrog de den nya franska legenden (Tricart 1972). De påpekar speciellt att alla typer av geomorfologiska kartor skulle vinna på att kompletteras med tvärsektioner. Författarna har senare gjort ytterligare en jämförande kartering (Salomé & Dorsser 1982, Salomé, Dorsser och Reiff 1982). De valde då skalan 1:50 000 och ett område i Ardennerna, sydöstra Belgien. Det är frågan om ett bergsområde med tertiära avjämningsytor som senare modifierats av periglaciala och fluviala processer. Karteringen utfördes efter sex olika legender nämligen the ITC-system of geomorphological mapping (Verstappen 1970), den från det belgiska kartbladet Flerion-Verviers (Roberts & Beckers 1970), polska geomorfologiska kartan (Klimaszewski 1963 a), franska *Legende pour la Carte geomorphologique de la France* en 1:50 000 (Tricart 1972), IGU:s legend of the Unified Key (Demek 1972) och Schweiz geomorfologiska karta 1:25 000 (Moser 1958). Resultatet av jämförelsen mellan de olika kartorna blev i korthet följande:

ITC:s system med avgränsning av landskapsenheter dominerade av en process och återgivna med en färg per enhet ger en lättläst karta där de olika enheterna klart framträder.

Den belgiska varianten framhäver morfografi och morfometri som ges separata färger. Geomorfologer som är vana vid systemet kan hämta mycket information ur kartan till skillnad från ovana användare. Återgivningen av morfogenesen med hjälp av små svarta symboler ses som en nackdel då de ej framträder tillräckligt väl. Substratet redovisas i en separat liten karta.

Den polska kartan skiljer mellan landformer som resultat av exogena respektive endogena processer för att sedan särskilja ackumulations- och erosionsformer. Genom att man ger olika lutningar olika färgtoner blir kartan mer lättläst än den belgiska. Symbolerna trycks i olika färger som markerar formelementets ålder. Detta har skapat problem vid karteringen av erosionsytor då det ibland är svårt att ange vilken process, och därmed ålder, som främst varit ansvarig vid utbildningen av formen och som därmed skall anges på kartan.

Den franska kartan är den mest kompletta och visar geomorfologisk struktur i färg, typ och motståndskraft hos substratet i färgnyanser samt morfogenes i färg.



eller med hjälp av separatkarta som i det belgiska systemet. Det franska systemet är det enda där det är möjligt att redovisa polygenetiska landformer. För de övriga systemen föreslås att man löser problemet genom att använda ränder av de olika färgerna. Detta överensstämmer dock ej med de officiella legenderna.

När det gäller tillämpade geomorfologiska kartor för olika ändamål föredrar man ITC:s system. Dess användbarhet tillskrivs det faktum att det utvecklats i samarbete med specialister från andra närbesläktade discipliner och att man varit mån om att skapa ett flexibelt system.

En viktig faktor i sammanhanget är arbetsinsats som är förenad med kartering enligt de olika legenderna. Den franska legenden och ITC:s var de som krävde mest arbete genom sina ganska komplicerade kartbilder, det stora antalet raster och masker och det extra ritarbetet. Tryckkostnaderna påverkas främst av antalet färger. Tryckkostnaderna blir lägst för ITC:s, den belgiska och den schweiziska kartan. Erforderlig arbetsinsats vid renritning och antalet tryckfärger för de olika legenderna har sammanfattats i figur 2:6.

## 2.4 Andra karttyper med geomorfologiskt innehåll

### 2.4.1 Terränganalys

Ambitionen att inkludera all relevant information i de geomorfologiska kartorna riskerar att leda till ett resultat som blir för komplicerat för icke geomorfologer och till kartor med en starkt begränsad praktisk användning. ITC:s legend och de västtyska karttyperna utgör exempel på ett sätt man försökt att övervinna problemen på. Ett annat sätt representeras av de olika system för terrängklassificering som utarbetats (Mabutt 1968, King 1970, Mitchell 1973). Om utvecklingen av de geomorfologiska kartorna kan sägas ha styrts främst av geomorfologer och deras önskemål kan utvecklingen av terrängklassificeringssystemen på motsvarande sätt sägas ha styrts av de praktiska intressenterna och deras önskemål. Bland dessa återfinns bland andra jordbruket, skogsbruket, regionalplaneringen och inte minst militären. Systemen används ofta inom områden där man förfogar över relativt lite bakgrundsdata, där man önskar ett snabbt resultat och där man av olika skäl ej använder kartörer med geomorfologisk fackkunskap. Terränganalys har

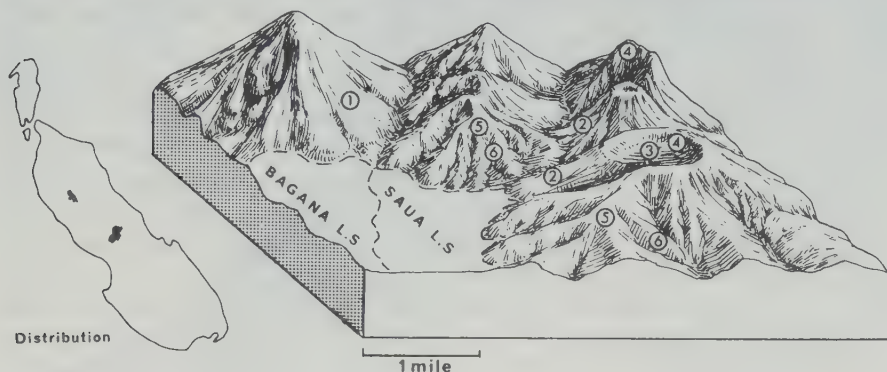


Active or recently active volcanoes.

**Geomorphology.**—Very recent volcanic land forms including lava flows, debris slopes, and scarps forming the margins of explosion craters or of spines. Mt. Bagana is an active craterless lava cone; Mt. Balbi is a group of cratered active or inactive ash or scoria cones and spines; Lake Billy Mitchell is a large explosion crater; an unnamed peak east of Mt. Bagana is a dissected lava-flow cone. Lakes and ponds occur both in craters and in valleys blocked by lava flows.

**Terrain Parameters.**—Altitude: H.I., V; min., 1000 ft; max., 8500 ft. Relief: very high (1500 ft). Characteristic slope: very steep. Grain: very coarse (5000 ft). Plan-profile: 4.

**Geology.**—Andesite, hornblende-andesite, and hornblende-bearing basalt, as lava and ash; Recent.



| Land Unit | Area (sq miles) | Land Form                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Soil                                                                                                                         | Land Class; AASHO Soil                                                                                                                        | Vegetation                                                                                                                                                         |
|-----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 8               | Lava flow: sinuous stream of rock up to 2 miles long and 1000 ft wide expanding distally to 3000 ft; steep axial slope (17–30°); increasing at the terminus to very steep (42°); cross-section convex except in upper parts which are irregularly concave; commonly bounded by narrow, very steep, marginal ridges up to 50 ft high | Blocks                                                                                                                       | VIIIst <sub>1</sub><br>B                                                                                                                      | Bare except for terminal slope with mixed herbaceous vegetation ( <i>Lycopodium–Gleichenia</i> )                                                                   |
| 2         | 3               | Debris slope: long (2000 ft); concave; mainly gentle or moderate (2–20°); traversed by stream beds up to 50 ft wide, locally incised 100 ft                                                                                                                                                                                         | Mainly stones and boulders<br>Locally ash soils: grey fine sands (stony phase) or alluvial soils: shallow grey mottled sands | VIIIst <sub>1</sub><br>B+C<br>Vle <sub>2</sub> st <sub>4</sub> n <sub>2</sub><br>A3+C<br>IVd <sub>3</sub> f <sub>4</sub> n <sub>2</sub><br>A3 | Bare; mixed herbaceous vegetation ( <i>Lycopodium–Gleichenia</i> , mountain herbaceous vegetation); savannah; and scrub ( <i>Cyathea–Bambusa</i> , mountain scrub) |
| 3         | ½               | Crater floor: nearly level; up to 500 ft diameter; 1 ft channelled microrelief; ponds                                                                                                                                                                                                                                               | Ash soils: grey fine sands                                                                                                   | VIIId <sub>1</sub> n <sub>1</sub><br>A3                                                                                                       | Bare or with mountain herbaceous vegetation; probably some bogs                                                                                                    |
| 4         | 2½              | Scarp: medium length to long (500–2000 ft); irregular; precipitous; commonly with waterfalls                                                                                                                                                                                                                                        | Rock outcrop or ash soils: grey fine sands (stony phase)                                                                     | VIIIr <sub>1</sub><br>RH<br>VIIIt <sub>1</sub> n <sub>1</sub><br>A3+C                                                                         | Bare or with mountain herbaceous vegetation                                                                                                                        |
| 5         | 1               | Ridge crest: knife-edged or very narrow; very uneven; steep crestal slope                                                                                                                                                                                                                                                           | Ash soils: grey fine sands (stony phase)                                                                                     | VIIIst <sub>1</sub> n <sub>2</sub><br>A3+C                                                                                                    | As unit 2, locally palm and pandan vegetation ( <i>Gulubia–Pandanus</i> )                                                                                          |
| 6         | 15              | Erosional hill slope: short or medium length; straight; very steep to precipitous                                                                                                                                                                                                                                                   | Boulders or ash soils: grey fine sands (stony phase)                                                                         | VIIIst <sub>1</sub> n <sub>2</sub><br>B or<br>A3+C                                                                                            | As unit 2, locally mountain low forest                                                                                                                             |

Population and Land Use.—Nil.

Forest Potential.—No forest. Access category III.

Observations.—2, plus 4 aerial observations.

Figur 2:7. Exempel på terrängklassificering. CSIRO: the Balbi Land System, Bougainvilleön öster om Nya Guinea (ur Mitchell 1973, s. 66–67).

Example of terrain classification system. CSIRO: the Balbi Land System, Bougainville Island east of New Guinea (from Mitchell 1973, p. 66–67).

länge använts för indelning av större områden, även om terminologin ej varit klar och enhetlig. Systemen och terminologin har utvecklats och standardiserats vid olika konferenser, främst i Oxford 1965 (Brink et al. 1965) och i Canberra 1968 (Steward 1968). Tekniken går ut på att identifiera olika landskapsenheter som är homogena beträffande någon definierad egenskap. En väsentlig uppgift är att definiera de egenskaper som skall ligga till grund för indelningssystemet. Vilka faktorer som väljs är beroende av målsättningen för systemet, men ofta används jordart, lutning, vegetationstyp och liknande som grund för klassificeringen. Med utgångspunkt från dessa markparametrar definieras olika terrängtyper (eng. land system) som karteras och som utgör underlag för en terrängbedömning (eng. terrain evaluation). Storleken hos de olika terrängtyperna varierar med terräng och målsättning. De beskrivs vanligen både verbalt och i form av blockdiagram alternativt en terrängprofil enligt exempel i figur 2:7. Informationen ges ofta decimalklassificerad form för att enklare kunna databehandlas. Skillnaden mot de klassiska naturvetenskapernas system är att medan dessa väsentligen baseras på markparametrar karterade i fält, något som kräver naturvetenskaplig fackkunskap, bygger terrängklassificeringssystemen helt på bildparametrar inhämtade från flygbilder. Endast ett fåtal av dessa bildparametrar är identiska med motsvarande markparametrar vilket skapar ett behov av transformationer för översättning av bildparametrar till markparametrar (Möller 1971, s. 5).

I Australien påbörjades tidigt, omedelbart efter andra världskriget, karteringar över vidsträckta områden. Det australienska CSIRO-systemet (figur 2:7) (Christian & Stewart 1953) har blivit använt över hela världen, och varit utgångspunkt för flera andra system, exempelvis PUCE (Grant 1968). Det har även modifierats för svenska förhållanden av Wellving (1978).

#### 2.4.2 Fysiografiska kartor

En ytterligare typ av kartor med geomorfologisk information, men med annan målsättning, är de fysiografiska kartorna. Med dessa strävar man efter att på enklaste sätt ge en bild av landskapet, kanske främst för pedagogiska ändamål. Speciellt i USA har småskaliga fysiografiska kartor (Landform Maps) blivit spridda. Kartorna har utvecklats



Figur 2:8. Fysiografisk karta. Del av Landforms of Europe (Raisz 1960).

Landform map. Part from Landforms of Europe (Raisz 1960).



av en grupp geologer och geomorfologer. De bygger på ett slags snedbildsperspektiv (fig. 2:8) som skulle kunna beskrivas som en utveckling av den teknik från kartografins barndom där man återgav berg som ett slags mullvadshögar. Raisz (1956) diskuterar metodens för- och nackdelar i en kort artikel. Europeiska kartografer pekar på motsägelserna i att kombinera bergens och de övriga landformernas snedperspektiv med underlagets ortogonalprojektion. En följd av detta blir att bergtopparnas lägen blir förskjutna. Raisz genmäter att förskjutningarna blir försumbara i de skalor som är aktuella i sammanhanget (högst 2 mm på en karta över USA i skalan 1:4 000 000) och att kartorna ej är avsedda för navigation utan för att ge förståelse. Den ökade förståelse, främst hos ickegeomorfologer, som uppnås genom ett välkänt perspektiv, uppväger mer än väl den något tveksamma logiken i kartornas uppbyggnad. Metoden möjliggör ej exakt avbildning av varje detalj. Symbolerna kan visserligen modifieras och bilda övergångs- eller specialformer men tekniken bör enligt Raisz begränsas till kartor med en skala av högst 1:1 miljon. Användandet av färger tillför inte kartorna något nytt och är ej förenligt med den billiga reproduktionsmetod som är en av karttypens fördelar. Däremot skulle ett färgpåtryck som visar odling, vegetation, vägar eller dylikt kunna kombineras med kartan till så kallade "land-type maps" (op. cit., s. 172).

## 2.5 Geomorfologisk kartering i Norden

Norden har i stor utsträckning stått utanför arbetet med geomorfologiska kartor och utarbetandet av olika legender. Vid IGU:s arbeten har Danmark, Sverige, Norge och Island representerats av prof. Sten Rudberg, som även svarat för motsvarande områden av den internationella översiktskartan i 1:2 500 000. För Finland svarar på motsvarande sätt prof. Paul Fogelberg. Skandinavien ingår i två blad och stora delar av Sverige och Norge finns i manuskript sedan 1979 (Rudberg 1979, s. 9).

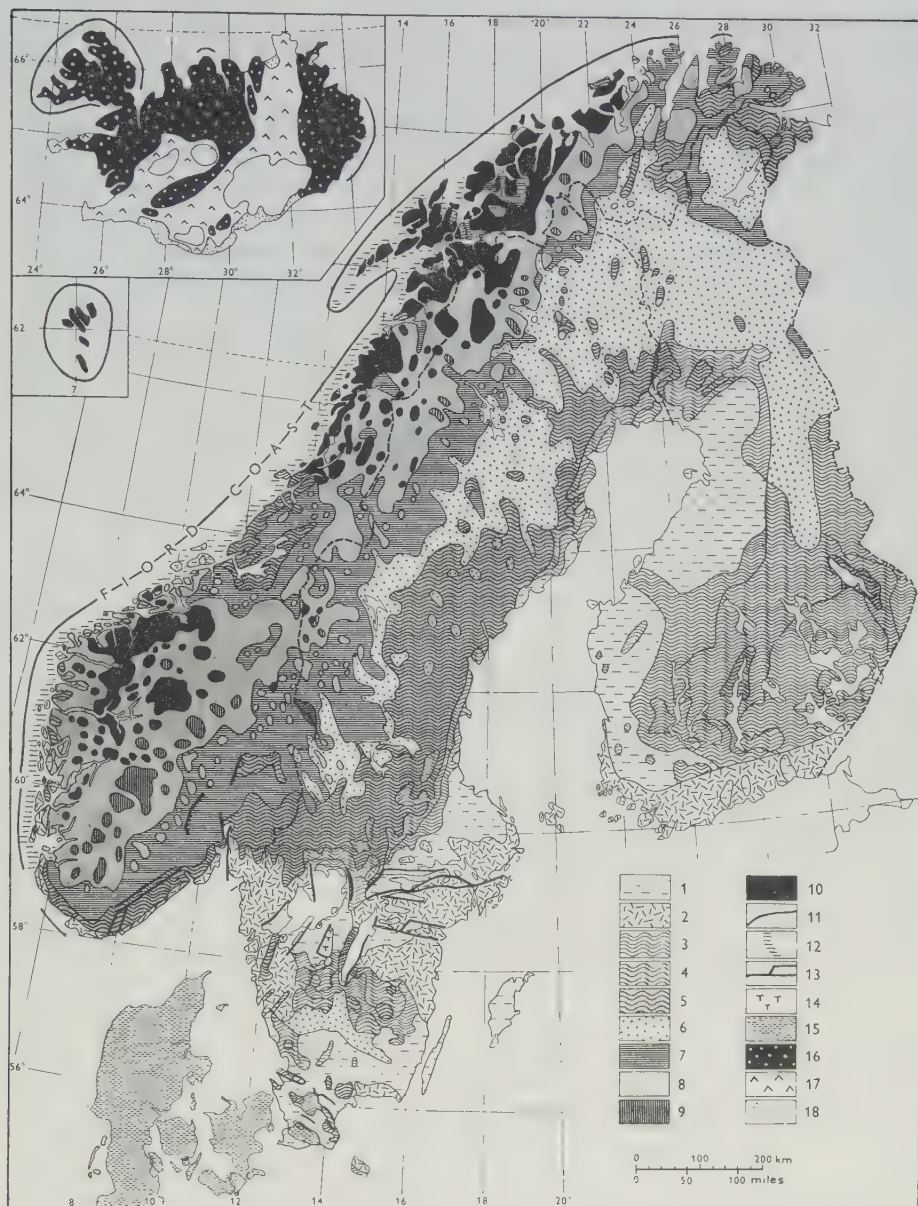
En karta över Nordens morfologiska regioner har upprättats av Rudberg och återfinns i "A Geography of Norden" (Sömme 1968, s. 41) (figur 2:9).

---

Figur 2:9. Nordens geomorfologiska regioner (Rudberg i Sömme 1968, s. 41).

*Morphological type regions of the Nordic countries (Rudberg in Sömme 1968, p. 41).*





© S. RUDBERG

1. Plain, relative height below 20 m, 2. Fissure-valley landscape: Relief of Stockholm type, 3-5 Undulating hilly land, 3. Relative height 20-50 m, 4. Relative height 50-100 m, 5. Relative height above 100 m. 6. Monadnock plain, 7. Premontan region, 8-10. Mountain; 8. Fjell in general, 9. Fjell with plateaux, 10. Fjell with alpine relief, 11. Fjord coast, 12. Strandflat, 13. Greater fault, 14. Table mountains of Västergötland, 15. Relief essentially due to loose deposits, 16. Lava plateaux, 17. Young volcanic forms, 18. Sandur plain.

### 2.5.1 Danmark

Danmark täcks av Axel Schous klassiska "landskabskort" som finns i flera versioner. I Atlas over Danmark I (Schou 1949) är skalan 1:750 000. Innehållet är främst koncentrerat mot former i mellanskala och större, med en genetisk indelning som grund. Punkthöjder svarar ensamt för den direkta morfometriska informationen. De olika landskapstyperna beskrivs pedagogiskt i textvolymen med hjälp av blockdiagram och specialkartor.

Per Smed har reviderat arbetet och publicerat en serie i A4-format (finns även i A2) som täcker landet i fyra blad.

Vid revisionen har informationen kompletterats med randmoräner, något som saknades i Schous kartor (Smed 1978 a, b). Antalet färger har reducerats till två, förutom svart, för att reducera tryckkostnaderna.

### 2.5.2 Sverige

Redan 1910 respektive 1913 presenterade Sten de Geer en översiktskarta över mellersta och södra Sverige i skalan 1:500 000. Här redovisas platåer, dalar, slätter, förkastningar och branter förutom paleozoiska lager. Med detta som grund göres en indelning i landformsregioner.

Rudberg (1949, s. 34) har upprättat en terrängformkarta över Dalarna. Kartan är av den fysiografiska typ som Raisz med flera utvecklat.

Soyez presenterade 1971 (Soyez 1971) en geomorfologisk karta över nordvästra Dalarna i skalan 1:250 000. Kartan var en del av ett projekt med målsättning att utveckla snabba metoder för geomorfologisk översiktskartering samt att prova metodernas användbarhet. Karteringen omfattade inte berggrundens storformer, den gav ingen information om substratet och hade en stark koncentration mot glaciala former i mellanskala. För bland annat detta riktades kritik mot kartan (Rudberg 1976). Karttypen modifierades genom komplettering med myrar, berg i dagen och höjdkurvor med 100 m ekvidistans. Den svenska fjällregionen har kartlagts med denna modifierade typ. Karteringen har utförts vid naturgeografiska institutionen i Stockholm. Naturvårdsverket har bidragit till finansieringen och kartorna har publicerats i deras PM-serie (Soyez 1975, Melander 1975 och senare, Ulfstedt 1976 och senare, Borgström 1979 och se-

nare). Kartbladsbeskrivningen innehåller en allmän del med reliefutveckling och beskrivning av former, en speciell del som behandlar geomorfologin inom kartbladsområdet och slutligen en naturvärdesbedömning. Kartbladet som medföljer beskrivningen omfattar en storruta. De olika formelementen redovisas med hjälp av strecksymboler vars färg anger genesis. Karteringen av fjällkedjan (Wastenson 1982, s. 43) är den mest omfattande, icke småskaliga, i Sverige.

I hållterräng inom västra delen av landet pågår metodutveckling av geomorfologiska kartor i skalor från 1:25 000 till 1:50 000 (Rudberg 1979). Stort arbete läggs ner på kurv bilden som svarar för morfometrin. Inom finsedimenttytor kompletteras ibland bilden genom lutningsangivelser med hjälp av raster. För att återge berghällar har ett modulsytem utvecklats där olika storleksklasser anges med separata symboler för stöt- och läsidor. Bland de erfarenheter som vunnits vid karteringarna kan framhållas behovet av att nykartera höjdkurve bilden och den stora ökningen i utbredning av kalt berg jämfört med jordartskartans bild.

En kartering av Halle- och Hunneberg i stor skala har utförts på uppdrag av länsstyrelsen (Rudberg et al. 1976). Vid karteringen har gjorts ett försök att använda den internationella metodiken på ett svenskt område. Vissa modifikationer har dock gjorts, så har ytfärger utnyttjats för substratredovisningen. Vidare anges morän med en blågrön färgton i stället för det internationella förslagets ljusröda. Kurv bilden redovisas ej i den geomorfologiska kartan på grund av utglesningen av branternas höjdkurvor i den officiella kurv bilden. Denna information ges i stället i en separat karta, dock i något avvikande skala, med tretton olika färger och nyanser.

Metodiken för framställning av geomorfologiska kartor i syd- och mellansvensk terräng i skalan 1:50 000 har diskuterats av Yrgård (1980). Målet för studien har varit (op. cit. s. 15f) att erhålla en karttyp som i huvudsak baseras på flygbilder och kartanalys. Kartan skall ge en mera lättläst bild av jordartsfördelningen än den moderna jordartskartan, gränsen mellan kohesions- och friktionssediment bör framgå om den saknas på jordartskartan. Vidare skall det ingå en områdesindelning med avseende på terrängens brutenhet, en redovisning av olika formelement, en markering av formelement som indikerar pågående processer samt en dokumentation av antropogena former. Studien rekommenderar, för geomorfologiska kartor i det aktuella skalintervallet, att substratredovisningen generaliseras kraftigare

än hos motsvarande jordartskarta och att differentieringen begränsas till fem klasser: berg i dagen, morän, grovsediment, finsediment samt organiska jordarter. Morfometrin redovisas med hjälp av höjdkurvor som kompletteras med brutenhetsredovisning. Terrängens brutenhet är ett uttryck för storleken på relief och lutningsvinklar samt storlek och frekvens av brytpunkterna. Hindrande lutningar redovisas i tre klasser och för de enskilda formelementen sker en koncentration mot de i mellanskala. Två alternativa kartografiska utformningar anges där ytfärger nyttjas för redovisning av antingen brutenhet eller substrat. Metodiken används vid kartering inom Siljanregionen. Man har här valt att nyttja ytfärgerna för substratredovisning och att ange brutenhetsklasserna i en separat småskalig karta (Wastenson 1982).

En serie topo-geomorfologiska kartor har presenterats av Elvhage (1983) i en studie över terrängåtergivning. Kartorna kan sägas vara ett mellanting mellan konventionella topografiska kartor och geomorfologiska kartor. Den topografiska kartans återgivning har kompletterats med främst förbättrad kurvbild, terrängskuggning och kantlinjer.

Markgren och Lassila (1975) har diskuterat arbetsmetodik och kartografisk utformning av geomorfologiska kartor i svart-vitt i samband med en geomorfologisk kartering i övre Norrland.

I Atlas över Sverige (Rudberg 1970 a) redovisas geomorfologin på två kartor. Den ena visar geomorfologiska typområden och överensstämmen i stort med den svenska delen av kartan i Sömme (1968, s. 41) (fig. 2:9). Den andra visar peneplan och erosionsytor.

### 2.5.3 Norge

En geomorfologisk karta över Lofoten-Vesterålen i skala 1:250 000 (Möller & Sollid 1973) visar paleiska landskapselement, israndavsättningar, tunt täcke av lösavlagringar och strandflateområden mot höjdkurvebilden. Av enskilda formelement redovisas brant sluttning och glaciärnisch. Kartan kan närmast karaktäriseras som en partiell geomorfologisk karta.

Det nya topografiska kartbladet Vardö, östra Varangerhalvön bildar underlag för ett kartblad visande kvartärgeologi och geomorfologi i skalan 1:50 000 (Tolgensbakk & Sollid 1980). Ytfärger markerar substratet med en genetisk



indelning där moränen är ytterligare differentierats i tjock och tunn. I vissa fall kompletteras informationen även av kornstorleksangivelser. Strecksymboler svarar för återgivningen av enskilda formelement. Branter indelas i två klasser med en gräns vid 35° lutning. På kartbladet hänvisas till en beskrivning i Norsk geografisk tidskrift, en uppgift som dock ej stämmer.

Delvis påminnande om detta kartblad är andra blad som betecknats kvartärgeologiska eller glacialgeologiska (till exempel Sollid 1976 a,b, Sollid & Björknes 1978, Sollid & Sörbel 1978, Kjeldsen & Sollid 1979, Sollid & Carlson 1980, Sollid, Carlson & Torp 1980, Aa & Mangerud 1981). Även NGU:s kvartärgeologiska kartor innehåller geomorfologisk information, främst av glacialgeomorfologisk karaktär.

En storskalig (ca 1:13 000) geomorfologisk karta över ett område vid inre södra delen av Varangerfjorden upprättades i samband med en fältkurs med deltagare från Köpenhamns geografiska institution (Humlum 1982).

#### 2.5.4 Finland

I Atlas över Finland ingår en geomorfologisk generalkarta i skalan 1:1 miljon (Fogelberg & Seppälä 1979). Ytfärger används för att åskådliggöra reliefens genes. Intensiteten i färgerna varierar efter höjdsikt 0-30, 30-75, 75-300 och 300-600 m.ö.h). De olika landformselementen redovisas med strecksymboler i processmarkerande färger.

#### 2.6 Diskussion av den morfometriska redovisningen

Vid den kartografiska utformningen av en geomorfologisk karta är det ofta redovisningen av morfometrin som är mest problematisk och det är inom detta område man finner de största skillnaderna mellan olika kartor. Orsaken är att söka bland flera faktorer: skala, tillgängliga underlagsdata, målgrupp, ambitionsnivå, terrängtyp men kanske framför allt i svårigheten att samtidigt ge både mätbarhet och åskådlighet åt återgivningen. Nedan kommer några olika metoder för morfometrisk redovisning att beröras.

### 2.6.1 Höjdkurvor

En metod som ger god mätbarhet är höjdkurvor, vilken även är den mest nyttjade.

Lämplig ekvidistans är avhängig skala och terräng och detta val är avgörande för resultatet. Ju mindre ekvidistans ju noggrannare återges topografin samtidigt som den ökande kurvängden blir svårare att överblicka och riskerar att skymma eller utestänga annan information. Imhof (1982, s. 113) påpekar att man vid val av kurvintervall skall sträva efter att använda jämna tal, valda så att jämna värden erhålles även för var fjärde eller femte kurva (indexkurvor) samt när värdet halveras (hjälpkurvor). Val av lämplig ekvidistans göres empiriskt så att de flackaste partierna inom kartbilden får tillräckligt antal kurvor för att ge reliefverkan samtidigt som de brantaste partierna inte överlastas med kurvor. Minsta lämpliga ekvidistans kan även beräknas (op. cit. s. 113ff). Hänsyn tas då till kartskalan (1:M), brantaste sluttning ( $\alpha^\circ$ ) och minsta linjebredd och avstånd mellan linjer. 1 mm på kartan representerar, med dessa förutsättningar, som mest en höjdskillnad på  $\frac{M}{1000} \cdot \tan \alpha$  meter. Imhof anger en linjebredd på 0,1 mm och ett avstånd på 0,4 mm mellan linjerna som minimum. Dessa värden torde dock vara tilltagna med viss marginal, så nämner Hake (1982, s. 206) 0,05 respektive 0,25 mm som minimivärde. Med Imhofs värden ryms två höjdkurvor inom 1 mm.  $\alpha$  sättes till  $45^\circ$ , ett högt men inte extremt värde inom bergsområden. Den sökta ekvidistansen blir  $\frac{M \cdot \tan 45^\circ}{1000 \cdot 2} = \frac{M}{2000}$ . Detta ger följande värden för några vanliga skalor: 1:10 000 - 5 m, 1:50 000 - 25 m, 1:100 000 - 50 m, 1:250 000 - 125 m och 1:1 000 000 - 500 m. Värdena överensstämmer bäst med de empiriskt erhållna för mellanskalorna medan de för stora skalor ger en glesare kurvbild och för små skalor en tätare.

Områden med både flacka och branta partier kan vara omöjliga att återge med en enhetlig ekvidistans. Man kan då tillgripa hjälpkurvor, vanligen med halva distansen. Dessa kurvor bör markeras på ett avvikande sätt och användas med viss försiktighet och endast där de verkligen förbättrar förståelsen.

Även system med kombinerade ekvidistanter har utnyttjats. Genom att välja ett tätare kurvintervall för flackare partier undviker man att kurvorna flyter ihop i brantare partier samtidigt som terrängen återges väl i de flackare. Nackdelen är att man riskerar att få i stort samma kurvtät-

het över hela kartbilden med de men för förståelsen av denna som detta innebär.

Generaliseringsbehovet för kurvorna ökar med minskande kartskala och kan innebära en svår balansgång. Genom en för låg generaliseringsgrad kan samspelet mellan kurvorna gå förlorat till förfång för återgivningen av väsentliga terrängelement och med ett försämrat reliefintryck som följd. En för hög generaliseringsgrad innebär att mycket av informationsinnehållet går förlorat. Elvhage (1979) visar i en studie, med exempel från ravinsystemen vid Säter, på faran med en olämplig generalisering och på vikten av att stereoperatören har kunskap om områdets geomorfologi.

Det krävs dock viss vana för att kunna visualisera terrängen med utgångspunkt från kurvbilden. Även en tränad kartläsare kan ibland ha svårigheter att bilda sig en uppfattning om hur markytan lutar, om slutna kurvor representerar höjder eller sänkor. För att öka åskådligheten kompletteras därför ofta höjdkurvorna med terrängskuggning på topografiska kartor. Metodens begränsade användning hos geomorfologiska kartor hänger samman med svårigheterna att då nyttja färgnyanser för annan information. Man är också inriktad mot bättre kvantifierbara metoder för denna karttyp. Av liknande skäl har inte heller metoden att variera höjdkurvornas färg och/eller bredd efter markytans varierande beskuggning fått någon spridning. Imhof (1982, s. 143) avfärdar den som "little more than an amusing game, too difficult for reproduction in maps and not achieving the anticipated effects".

## 2.6.2 Höjdskikt

För att åskådliggöra absoluthöjder nyttjas ofta indelning i olika höjdskikt. Färgsättningen av dessa kan väljas efter olika principer (Imhof 1982, s. 299ff). Ursprungligen följdes principen "ju högre desto ljusare" vilket gav ett gott tredimensionellt intryck genom likheterna med naturens skuggningsförhållanden. Senare vann metoden "ju högre desto mörkare" terräng. Genom den undviker man de stora mörka partier i de lägre områdena som blev följden av den förra. Ofta används en kombination av de två metoderna maximal kontrast. Den konventionella färgskalan omfattar (Hake 1982, s. 273): 0-100 m blågrönt, 100-200 m gultgrönt, 200-500 m gult, 500-1000 m ljusbrunt, 1000-2000 m rödbrunt, 2000-4000 m rödbrunt och över 4000 m brunrött.

Därmed får den gröna färgen representera lågländer och den blå partier under vattenytan vilket oftast leder till korrekta associationer. För geomorfologiska kartor prioriteras dock vanligen utnyttjandet av färger högre för andra ändamål varför metoden ej använts så ofta här. Ett exempel på dess användning finns dock i den geomorfologiska karteringen av Halle- och Hunneberg (Rudberg 1976). Här återfinns höjdsikket på en separat karta. I beskrivningarna till de svenska fjällbladen återfinns en småskalig höjdsiktskarta i svartvitt.

Amiran & Karmon (1965) har givit höjdkurvorna olika färg efter de olika höjdsikket. Härigenom blir höjdinformationen mindre påträngande men också mindre åskådlig, speciellt där kurvbilden är gles. Trots detta kan metoden vara svår att kombinera med utnyttjandet av färger för annan information.

### 2.6.3 Relativa höjder

De relativa höjdskillnaderna är ofta av väl så stort intresse som absoluthöjderna. IGU förordar för geomorfologiska kartor i mellanskala att relativ relief markeras genom fem olika raster eller färgtoner (Demek & Embleton 1978, s. 5 i bilaga 1).

IGU rekommenderar olika metoder för olika skalor. I små skalor (Bashenina et al. 1971) och i mellanskala mindre än 1:500 000 utgår man från morfostrukturer och i mellanskala större än 1:500 000 redovisar man relativ relief medan man i större skalor markerar olika lutningsvärden för sluttningarna (Demek 1972). Fogelberg (1977) har vid en kartering av reliefen inom ett område i södra Finland funnit att efter mindre modifieringar är alla metoderna användbara för karteringar inom finsk terräng.

### 2.6.4 Marklutning

Återgivningen av dalsidornas lutning har tilldragit sig stort intresse. Vanliga metoder är backstreck, raster eller variationer av grundfärgen i sluttningarna.

Ytterligare differentiering kan erhållas genom att, som i Dorsser och Salomés belgiska exempel, ovan, variera grundfärgen efter geomorfologisk särart: slätt, undulerande relief, sluttning eller dalbotten. Ytterligare



differentiering göres med hjälp av färgnyanserna som anger dalbottnens karaktär, plan eller V-formad, eller om den undulerande reliefen är konkav eller konvex. Vanligt i olika system är att ange dalgångarnas tvärprofiler med olika symboler.

På GMK 25, den västtyska geomorfologiska kartan i skala 1:25 000, indelas markytan efter krökningsradie (Wölbungsradius) i två klasser: 6-300 och 300-600 m (Stäbelein 1980).

## 2.7 Geomorfologisk karta över Varangerhalvön

### 2.7.1 Bakgrund

Karteringen påbörjades 1972 som en glaciamorfologisk inventering, med målet att söka rekonstruera ett förmodat israndläge. Under arbetets gång ändrades målsättningen mot en geomorfologisk karta i mellanskala. Valet av skala styrdes av behovet att använda kartan för diskussion av deglaciationen samtidigt som hela halvön skulle kunna återges på ett kartblad. Vid tiden för arbetets igångsättande var den internationella debatten om geomorfologiska kartor och deras innehåll livlig. Vårt önskemål var att inte ytterligare komplicera denna utan om möjligt nyttja en färdig legend som ett led i standardiseringen av de geomorfologiska kartorna och för att tillgodose önskemålen om jämförbarhet.

IGU:s "Unified Legend" (Demek 1972) gäller "detailed mapping" och är för det aktuella ändamålet onödigt komplicerad. Legendan är utarbetad för mellaneuropeiska förhållanden och kan inte helt problemfritt appliceras på nordiska områden, även om de här dominerande glacigena formerna i mellanskala inte tillhör de mest utsatta i detta avseende.

Inom Norden var det, fränsett småskaliga översiktskartor, endast karteringen av det svenska fjällområdet som omfattade ett större område. Den ursprungliga legenden utsattes för viss kritik men valdes trots detta att i modifierad form bilda underlag för karteringen, då strävanden efter största möjliga enhetlighet bedömdes som avgörande. Vid de modifieringar och kompletteringar som gjorts följdes om möjligt rekommendationerna från "the Unified Legend" som, även om legenden som helhet inte fått någon större tillämpning, beträffande bland annat färgval i stor utsträckning blivit normerande. Den väsentligaste förändringen var införandet av substratbeteckning med färger i enlighet med

IGU:s legend. Teckenserierna för olika formelement kompletterades vid behov, t.ex. kuster och skogsgräns. Även här valdes tecknen i största möjliga utsträckning i överensstämmelse med IGU:s förslag.

Vidare bedömdes det önskvärt att förbättra återgivningen av stormorfoligin. Möjligheterna inom detta område begränsades dock av det kartmaterial som fanns att tillgå. Då området är, och kartan bedömdes kunna bli, intressant vid analys av deglaciationsförloppet valdes att komplettera informationsinnehållet med isräffelobservationer.

Det topografiska kartmaterial som var tillgängligt vid arbetets igångsättande var från sekelskiftet och försett med höjdkurvor med 30 m ekvidistans. Kurvorna baserades på en tämligen gles höjdinformation, var kraftigt generaliserade och ritade i s.k. "knakkpölsemanér", parallellt dragna, jämt fördelade över dalsidorna. Arbetet på en ny högklassig topografisk karta i skala 1:50 000 pågick (Malmström & Palmér 1975) och genom vänligt tillmötesgående av Norges Geografiske Oppmåling fick vi tillgång till preliminära arbetskartor med höjdkurvor och, i en del fall, dräneringsnät för de nya topografiska kartbladen. Med hjälp av dessa, den gamla topografiska kartan, satellit- och flygbilder genomfördes huvuddelen av karteringen 1974-75. Arbetet låg sedan nere till 1981-82 då efter viss revision tolkningen överfördes från flygbilder till underlagskarta.

## 2.7.2 Övrig geomorfologisk kartering inom Varangerhalvön

Vid arbetets igångsättande fanns det inte publicerat någon geomorfologisk karta över halvön. I samband med ett arbete om deglaciationen av Finnmark presenterades en glacialgeologisk översiktskarta (Sollid et al. 1973) där viss geomorfologisk information, främst gällande glacialmorfologiska formelement kan hämtas. En geomorfologisk detaljkarta finns över Vardö (Tolgensbakk & Sollid 1980) i skalan 1:50 000. Över ett område sydväst om Karlebotn i inre delen av Varangerfjorden finns en storskalig geomorfologisk karta (Humlum 1982).

En del av sydvästra delen av halvön täcks av en kvartärgeologisk karta i skalan 1:100 000 (Kjeldsen & Sollid 1980). Över Vadsö och Ekkeröy på sydkusten finns kvartärgeologiska kartor i skalorna 1:20 000 (Ofstad 1980) respektive 1:50 000 (Follestad 1982).

## 2.8 Arbetsgång vid kartering, överföring av data och tryckning

Karteringen baseras väsentligen på flygbildsanalys med fältkontroller. För avgränsningen av blockhav användes dock en Landsat-scen, se nedan. De flygbilder som nyttjats är i skalorna 1:35 000 och 1:60 000 (centrala delarna av halvön) och togs av Wideröes Flyveselskap A/S år 1970. Bilderna håller hög teknisk kvalitet. Över vissa områden har även bilder i större bildskalor kunnat utnyttjas. Vid karteringen har tolkningen markerats direkt på flygbilderna under arbete i stereomodellen. Resultatet överfördes sedan till koncept (svarttryck) av den nya topografiska kartan. Genom att utnyttja kartans detaljerade redovisning av dräneringsnätet kunde detta ske utan större problem. Den slutgiltiga överföringen till den geomorfologiska underlagskartan var i gengäld mer problematisk. Som underlagskarta används en förstoring av NGO serie M515 35, 35-6 Vadsö med en ursprunglig skala av 1:250 000. Kartan bygger på de gamla topografiska kartbladen i skala 1:100 000 som förminskats och generaliserats. Höjdkurvornas ekvidistans är 100 meter.

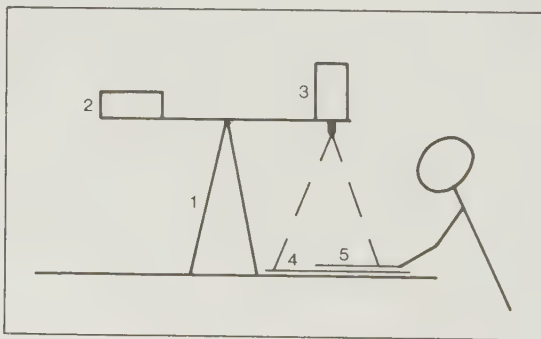
Kartan är ej idealisk för ändamålet. Det finns dock inte någon översiktskarta som bygger på den moderna topografiska kartan och en framtagning av en sådan genom generalisering av 50 000-delen var ej möjlig inom ramen för föreliggande arbete. Viss revidering av kartan har emellertid gjorts. Höjduppgifter och namn har hämtats från den nya topografiska kartan. I några fall har även kurvbild och dränering justerats. Kartan förstorades fotografiskt till 1:100 000. Vid transformeringen av informationen till denna förstoring visade sig överföringsinstrument av typen Stereo Facet Plotter och Zoom Transferscope mindre användbara genom sitt begränsade synfält. Ett stort sådant är nödvändigt dels på grund av den äldre kartans glesa informationsinnehåll och dels på grund av geometriska avvikelser mellan de båda kartorna. Det sistnämnda förhållandet är främst en följd av den primitiva karteringsteknik som legat till grund för den äldre kartan. För att lösa problemen utnyttjades en mindre vanlig metod (Malmström & Palmér 1982 a). En diaprojektor med zoomobjektiv monterades vertikalt i ett stativ (fig. 2:10). Konceptet avfotograferades så att varje diabild motsvarade ett halvt kartblad (ca 27 x 45 cm). Kartmanuskriptet projicerades sedan på underlagskartan. Skalan justerades med hjälp av projektorns zoomoptik. Genom

att föra in ett vitt papper i strålgången kan kartkonceptet studeras ensamt och genom att lyfta något på pappret kan underlagskartan studeras. Trots den primitiva utrustningen visade kartbilderna god överensstämmelse. Inpassningen skedde delvis med koordinatangivelser i kartbladens hörn. Lägesfelen understeg där 1 mm mätt på underlagskartan.

Arbetsytan på underlagskartan blev vid de använda skalorna 16 x 24 cm. Denna storlek var nödvändig för att få med tillräckligt många detaljer för att säkerställa god passning. I den mån de båda kartbilderna avvek från varandra följdes principen att lägga den geomorfologiska informationen korrekt i förhållande till framträdande terrängformer, t.ex. älvar, framför att lägga den geometriskt exakt.

Fältkontroll av tolkningen skedde fortlöpande under arbetet då, under fältsäsongen, fältarbete pågick parallellt. Under detta genomkorsades större delen av halvön till fots och per motorcykel. Markkontrollen har även kompletterats med rekognosering per flygplan.

Även tryckningsförfarandet avvek från gängse metoder. Det vanliga förfarandet med framställning av olika deloriginal genom att utnyttja strip-film och tryck i rena färger ger ett högt kostnadsläge. I stället framställdes en Cibachromekopia i tryckskalan av det redigerade konceptet. Renritningen skedde sedan på ett för alla färger gemensamt överlägg av ritfilm. Kartan färgsattes med Derwent-pennor. Svart färg lades på ett separat deloriginal. Kartbildens färgseparerades och trycktes i offset med fyrfärgsteknik.



Figur 2:10. Principskiss visande överföringssystemet. 1. stativ, 2. motvikt, 3. diaprojektor med zoomobjektiv, 4. underlagskarta, 5. vitt papper.

*In order to obtain a field vision wide enough to secure good correspondence with the base map, a less conventional method was used. With the help of a projector a slide of the work-map was projected on the base map. 1. stand, 2. counter-weight, 3. slide projector with zoom-lens, 4. basis map, 5. white paper sheet to screen off the slide image.*



### 2.8.1 Höjdkartan

Framställningen av den digitala terrängmodellen har skett med hjälp av en Univac 1100 på Lunds Datacentral. Höjddata hämtades ur nya topografiska kartan i terrängens brytpunkter längs väst-östliga stråk med en kilometers mellanrum. Vid mer komplicerad topografi minskades intervallet mellan stråken. Med interpoleringsrutinen GINTP 1 (UNIRAS 1982 a) ur UNIRAS GEOPAK (European Software Contractors A/S) (UNIRAS 1982 b) interpolerades fram en digital höjdmodell som sedan ritades med hjälp av RASPAK-programmet (UNIRAS 1982 c). Interpoleringsprogrammet är mycket ambitiöst och hänsyn tas till en stor mängd punkter något som i detta fall visade sig ha vissa nackdelar. Härigenom blev sålunda havsytan ojämn varför även höjduppgifter för denna måste inkluderas i modellen som totalt bygger på ca 12 000 koordinatsatta punkter. Den stora datamängden ledde till att antalet rutor i modellen begränsades till 54998 av minneskapaciteten i datorns primärminne. Resultatet ritades slutligen i färg med hjälp av en färgbildskrivare, Ink Jet Plotter.

### 2.8.2 Utvärdering av Landsat material

En utvärdering av Landsatmaterialalets användbarhet i sammanhanget har utförts. Härvid framställdes bl.a. en översiktlig geomorfologisk karta som helt baserar sig på tolkning av en Landsat-1 scen, registrerad 1973-07-21 (nr 1363-09311), förutom den begränsade information som framgick ur underlagskartan i skala 1:250 000 (Helldén, Malmström & Palmér 1977, 1979). För huvuddelen av tolkningen nyttjades en färgkomposition (FCC) (figur 3:16).

Totalt kunde elva klasser urskiljas: klippkust, klippkust med abrasionshak, kalt berg rik och/eller storblockiga områden av två typer, småkuperad moränterräng, kuperad moränterräng, ändmorän (endast ett fall), organogena jordarter, sand samt övrig glacifluvium/fluvium.

Av'särskilt intresse här är de rik och/eller storblockiga områden som vid fältkontroll av en detaljkartering i större skala (op. cit. 1979, s. 65ff) visade sig ha speciellt hög noggrannhet. Det visade sig dessutom möjligt att skilja på lavrika och lavfattiga partier av blockhaven (se kap. 3.4.2.1). Det är i konventionella pankromatiska flygbilder svårt att avgränsa blockhav, något som alltså är möjligt i en färqkodad Landsat-scen.

Som en följd av detta bygger utbredningen av blockhaven i den geomorfologiska kartan på tolkning av ovannämnda färgkomposition. Utbredningen har sedan kontrollerats vid analysen av flygbilderna.

Canoba (1982) har undersökt Landsat-sceners användbarhet vid geomorfologisk kartering. Han finner, vid undersökningar i Argentina, dem mest användbara för avgränsningar av större morfologiska enheter.

## 2.9 Kartografisk redovisning

Vid den kartografiska redovisningen är det främst två mål som eftersträfvats:

1. Den internationella legendens intentioner skall i största möjliga utsträckning följas.

2. Resultatet skall vara så lättläst som möjligt.

Dessa mål hamnar i vissa fall i motsatsställning varför vissa kompromisser erfordrats.

Substratet redovisas i ljusa halvtäckande ytfärger och de olika formelementen med strecksymboler i helfärg. Beroende på storlek och frekvens representerar varje symbol en eller flera formelement.

Färgerna anger genes och följer i stort den internationella legendens rekommendationer. Separata färger används för erosions- och ackumulationsformer. För geomorfologiska kartor i mellanskala större än 1:500 000 rekommenderas av IGU (Demek & Embleton 1978, s. 5f i bilagan):

Landformer som resultat av endogena processer

tektoniska landformer

karmin

vulkaniskalandsformer

koschenill

(intensiv röd färg)

pseudovulkaniska landformer

tegelröd

Landformer som resultat av exogena processer

polygenetiska landformer

denudationsformer

brun

ackumulationsformer

grön

former i samband med massrörelser

erosionsformer

brun

ackumulationsformer

grön

fluviala landformer

fluviala erosionsformer

brun

fluviala ackumulationsformer

grön

former till följd av fluvial erosion

och sluttningsprocesser

brun

## glacifluviala landformer

som resultat av erosion genom

smältvatten

brun

glacifluviaala ackumulationsformer

mörk grön

## karstlandformer

ytformer till följd av tunnelerosion,

piping

brun

former av glacialt ursprung

genom glacial erosion

violet

genom glacial avlagring

ljusröd

former till följd av niviation

violet

snö, firn och glaciäris

vattenblå

## kryogenetiska och periglaciala landformer

erosionsformer

violet

avlagringsformer

ljusröd

termokarstformer

violet

eoliska landformer

orange

marina och limniska former

ultramarin

biogena landformer

vit

antropogena landformer

vit

Alla dessa landformer är inte representerade i föreliggande kartering varför färgerna i denna kommer att få följande betydelse:

|          |                                             |
|----------|---------------------------------------------|
| karmin   | förkastningar                               |
| grått    | kalt/nästan kalt berg                       |
| lila     | glaciala erosionsformer                     |
| ljusrött | glaciala ackumulationsformer                |
| brunt    | glacifluviala/fluviuala erosionsformer      |
| grönt    | glacifluviala/fluviuala ackumulationsformer |
| blått    | marina och limniska former                  |
| brunt    | sluttningsformer                            |
| orange   | eoliska former                              |
| svart    | biogena och antropogena former              |

Det internationella förslaget har sålunda frångåtts beträffande återgivningen av berg i dagen, biogena och antropogena former där i stället utnyttjats de färger som används vid karteringen av den svenska fjällkedjan. Även i det internationella förslaget för detaljerad geomorfologisk kartering (Demek 1972, s. 26) rekommenderas svart för detta ändamål.

Trots sammanslagning av olika former i grupper uppgår antalet tecken till närmare 60 vilket får anses vara ett maximum av vad som samtidigt går att hålla reda på vid

läsning av kartan.

Höjd- och reliefåtergivningningen med kraftigt generaliserade höjdkurvor med 100 meters ekvidistans ger ingen fullständig bild av stormorfologin. För att kompensera detta har ovan nämnda digitalt baserade tredimensionella bild inkluderats.

## 2.10 Kartans innehåll

### 2.10.1 Substrat

Redovisning av substratet i en geomorfologisk karta bygger normalt på den geologiska kartans bild. Denna är dock alltför detaljerad och i behov av generalisering för detta ändamål. Målet med den geomorfologiska kartans substratre-dovisning är att få en enkel lättläst bild med bibehållande av områdets karaktär. Yrgård (1980, s. 17) anger i normal-fallet  $2,5 \text{ km}^2$  som lämplig minsta enhet vid redovisning i 1:50 000. Härvid undviker man en alltför mosaikartad bild utan framhåller i stället de geomorfologiskt sett väsentli-gare stora dragen i utbredningsbilden.

Jordartsfördelningen inom stora delar av Varangerhalvön är utomordentligt ensartad varför man med fördel kan välja mindre enheter som minsta karterad yta. Därför valdes  $0,36 \text{ km}^2$  motsvarande  $4 \times 4 \text{ mm}$  på kartan som minsta enhet. B-eträffande myrar och vattenytor markeras dock något mindre enheter ca  $2 \times 2 \text{ mm}$  till följd av deras geomorfologiska dominans.

I den mån jordartsytor mindre än dessa är av morfologiskt intresse är de vanligen knutna till en speciell landform som då markeras med strecksymbol.

Någon geologisk karta fanns ej att tillgå som underlag. Denna information har i stället hämtats ur flygbilderna. Vilken tolkningssäkerhet som erhålls med metodiken är i hög grad avhängig den jordartsindelning som används. Följande klasser kan identifieras med god säkerhet (Kihlblom 1970, Lundén 1977): grovsediment, finsediment, organiska jordar-ter, morän, berg i dagen. Någon uppdelning i fin- och grovsediment har ej gjorts då sedimentförekomsterna över HK är av ringa areell omfattning. Däremot har eoliska avlag-ringar urskilts på grund av sin geomorfologiska betydelse inom delar av halvön. Vidare har marint påverkade avlag-ringar markerats. Avgränsningen av dessa har skett med hjälp av värden på HK efter Sollid et al. (1973) och Mar-thinussen (1974). Vid avgränsningen av jordarterna har



utnyttjats gängse indikatorer (Flygbildteknik 1980, s. 301ff): ytform, yttextur, vegetation, dräneringsförhållanden, erosion, egenfärg, odling, lokalisering av bebyggelse, täktverksamhet och dikning (mera sällan).

Tolkning som baseras på färgfilm ger ett snabbare och säkrare resultat än sådan som baseras på svart-vitt material. IR-sensibiliserad färgfilm ger i sin tur bättre resultat än konventionell färgfilm speciellt när det gäller vegetation (Lundén 1977) och därmed även vegetationsberoende jordartsindikatorer. Ulfstedt (1977, s. 7ff) har jämfört geomorfologiska kartor som baseras på tolkning av svart-vit film (1:30 000) respektive IR-känslig färgfilm (1:60 000) och funnit att tolkningen av strukturer i terrängen underlättas i IR-färgbilderna genom de färgskillnader som orsakas av variationer i växttäcket. Framför allt blir dock avgränsningen av kalt berg betydligt säkrare i IR-färgbilderna.

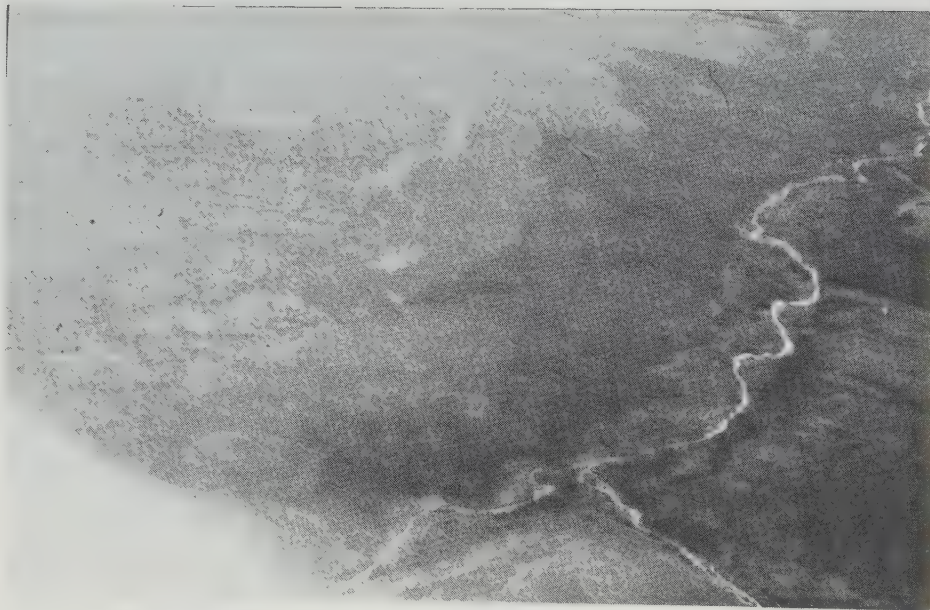
Bildmaterial i färg, vare sig konventionell eller IR-känslig finns ej tillgängligt över Varangerhalvön. Erfarenheterna från kartering med IR-känslig färgfilm överensstämmer dock med de som erhållits beträffande blockhav vid kartering i en färgkodad Landsat-scen och som ovan berörts (Helldén, Malmström & Palmér 1977, 1979).

De olika substratbeteckningarna och deras innebörd diskuteras nedan:

**Morän:** stora ytor inom halvön består av ett odifferentierat moräntäcke utan speciella ytformer. Höjdskillnader betingade av mäktighetsvariationer inom moräntäcket understiger normalt 5 m. Det innebär ytor som i fält upplevs som flacka eller svagt böljande av platå- eller förfjällskaraktär (fig. 2:11). Morän återfinnes även inom (under) delar av blockhaven och i delvis modifierad form under HK.

**Glacifluviala/fluviuala avlagringar:** dessa är sammanförda till en grupp genom sin nära släktskap. En differentiering av gruppen kan vid behov till stor del ske genom de senares anknytning till recenta vattendrag. En finindeling av gruppen i grövre och finare och en separation av speciellt tjälskjutande fraktioner är ofta värdefull men leder i detta fall till alltför små enheter.

**Eoliska avlagringar:** Vindavlagringarna består främst av mellansand och är av postglacial ålder. De är huvudsakligen belägna under HK och i anslutning till mynningar av större dalstråk och deras vattendrag (fig. 2:19). Materialet överlagrar i vissa fall strandlinjer, t.ex. vid



Figur 2:11. Landskap och moränyta vid Al'ljavaejjåkkas dalgång, sydvästra delen av halvön. Toppen till vänster är Duoddarcevvelaš (höjd 392 m på geomorfologiska kartan).  
*Scenery and till area, the Al'ljavaejjokka river valley, the south-western part of the peninsula. The summit to the left is Mount Duoddarcevilas (392 m on the geomorphological map).*

Komagvaer (Follestad 1982).

Marint påverkade avlagringar: dessa utgöres huvudsakligen av morän och glacifluvium, som mer eller mindre svallats av havet, samt rent marina avsättningar. Genom den utefter långa sträckor branta kustzonen begränsas ytans areal. Värden på högsta kustlinjen har hämtats från Sol-lid et al. (1973) och Marthinussen (1974).

Kalt/nästan kalt berg: klassen omfattar berg i dagen där bergytan ligger blottad. Hit räknas även ytor med ett tunt obetydligt lösmaterialtäckte samt ytor med block i in situ läge. Det senare förekommer särskilt inom områden med kvartsitisk sandsten som spricker upp i rätvinkliga block längs svaghetslinjerna. Klassen är alltså något snävare definierad än dess motsvarighet hos geologiska kartor och bör bättre svara mot vad som morfologiskt och även populärt uppfattas som berg i dagen.

Någon differentiering i olika bergarter har ej skett då detta skulle medföra en mycket splittrad bild. Grått har valt för redovisningen efter mönster från kartbladen över svenska fjällkedjan. Färgen är neutral i den genetiska

färgskalan. Berggrunden visar endast i undantagsfall (inre delen av Varangerfjorden) en glacial påverkan som skulle motivera valet av lila.

Ytor som försvunnit vid generaliseringen består av hållar inom blockhaven, främst dess högre liggande partier. Inom klasserna klippkust med och utan abrasionshak finns framträdande berggrundspartier som ej redovisas på kartan genom sin ringa utbredning i ortogonalprojektion.

## 2.10.2 Enskilda formelement

Någon nedre storleksgräns för de redovisade objekten är svår att ange. Kartan har en inriktning mot former i mellanskala. Som ett närmevärde för minsta redovisade formelement kan anges några meter. Inom flera klasser, exempelvis strukturmark, kan de enskilda elementen ha betydligt mindre mått men genom sin massverkan forma större enheter.

Isräfflor utgör ett specialfall genom sitt intresse vid diskussion av deglaciationsförloppet.

Morfokronologin redovisas inte speciellt då den inom ett nedisat område bedömts som mindre intressant och i allmänhet utan problem framgår efter studium av formelementens genes.

De olika symbolernas betydelse och motsvarande formgrupper diskuteras nedan:

### Förkastningar

Förkastningarnas lägen har hämtats från berggrundskartan (Siedlecki 1980). Det är frågan om större tektoniska brottlinjer, överskjutningsgränser, branta överskjutningar, normala förkastningar och delvis större sprick- och svaghetszoner vilka är de morfologiskt mest framträdande. Bland dessa märks särskilt Trollfjord-Komagelv brottlinjen (se berggrundsavsnittet i kap. 1) som korsar halvön i nordväst-sydöstlig riktning (fig. 1:5).

### Glaciala former

Glaciärnisch: genom halvöns platåkaraktär är förutsättningar för bildning av glaciärnischer inte speciellt gynnsamma. De är också på det hela taget sällsynta

(Svensson 1971, s. 11). Nischerna visar inte någon enhetlig orientering och många är senare modifierade, som de marint påverkade på halvöns nordsida. Samtliga är fossila.

Avgränsningen av nivationsnischer försvåras i flygbilderna av den sedimentära berggrundens struktur och har ej medtagits då de i storlek ligger vid nedre gränsen av de former som redovisats. De största och mest välutbildade ligger i anslutning till semipermanenta snöfält vid t.ex. Buktkjölen, Maddavarri och Hanglefjell.

Glacialt präglad kantlinje: detta är ofta primärt strukturbetingade kantlinjer som frampreparerats eller skärpts genom glacialerosion. De har tidvis relativt stor uthållighet och kan ha karaktären av terrassbranter.

Rundhällar: den kvartsitiska sandstenen ger goda förutsättningar för rundhällsbildning och rundhällarna är främst koncentrerade till denna bergart och halvöns sydkust (fig. 2:12). Varje tecken kan representera en enda eller en grupp av rundhällar.

Isräfflor: formen ligger storleksmässigt under generaliseringsgränsen men har medtagits genom sitt glacialmorfolo-



Figur 2:12. Rundhäll på Sjaaholmen innerst i Varangerfjorden.

*Roche moutonnée, the Sjaaholmen island, the innermost part of the Varanger Fjord.*



giska intresse. Redovisningen bygger på egna observationer kompletterade med litteraturuppgifter (Tanner 1915, Holtedahl & Andersen 1960, Markgren 1964, Sollid et al. 1973, Marthinussen 1974, Tolgensbakk & Sollid 1980, Foltestad 1982).

**Moränrygg:** under denna markering återfinns änd-, rand- och sidomoräner som morfologiskt avtecknar sig som långsträckta ryggar (fig. 5:13). Höjden kan variera från 1 till något tiotal meter.

I inre delen av Varangerfjorden har markerats några moränryggar som normalt är submarina men som når över vattenytan vid lågvatten. Formerna behandlas närmare i kapitel 5.

**Drumliner:** här innefattas områden med strömlinjemodifiering av berggrunden. Uppstickande bergpartier av en till något tiotal meters höjd har modifierats av isen (fig. 2:13). Formen har i vissa fall förstärkts genom moränavlagring i distalt läge. Det är däremot i allmänhet inte frågan om drumliner i sträng mening, huvudsakligen uppbyggda av lösmaterial eller ens av crag and tail typ.

**Kuperad moränterräng:** normalt inom större delen av området uppvisar moräntäcket en tämligen jämn överyta. Den följer berggrundsytan eller överlagrar och jämnar ut denna. Inom vissa partier bildar det egna ytformer. När det gäller



Figur 2:13. Av isen orsakad strömlinjemodifiering av berggrunden (i förgrunden till vänster och kullarna i bakgrunden). Varangerfjordens innersta del.

*Streamline modification of the bedrock caused by the ice (left front and the hills in the background). The innermost part of the Varanger Fjord.*

mer än enstaka former har detta markerats som kuperad moränterräng. Det gäller främst områden med dödiskaraktär. Gränsen för markering har dragits vid 5 meters nivåskillnad.

Akkumulationer av lösmaterial: Över hela halvön förekommer kullar och kortare vallar med en höjd av någon till tiotalet meter och en diameter mellan 10 och några 100 meter. Gruppen definieras morfologiskt och rymmer bildningar med olika genes, moränavlagringar, glacifluviala depositioner och rester av periglaciala formelement, som t.ex. de av Rosendahl (1931, s. 500f) under termen miofta diskuterade kullarna, rester av moränlinjer etc. Formen behandlas utförligare i kapitel 4.

#### Glacifluviala/fluviuala former

Mindre och större rännor av glacifluvialt/fluvialt ur-



Figur 2:14. Ravindal i fast berg. Natfjeldets sydsida, norr om Vadsö. Skalan anges av personen vid vattenfallets ovan-  
del.

*Gorge. The south side of the Natfjeldet north of Vadsö. The scale is indicated by the person at the upper part of the waterfall.*

sprung: stora partier av sluttningarna främst på södra delen av halvön är täckta av skval- och slukrännor (fig. 3:38). Många av rännorna, främst de mera välmarkerade, hyser vattendrag och är således helt eller delvis av postglacialt ursprung. Rännorna kan vara av vitt skild morfologisk pregnans allt ifrån tiotalet meter djupa till knappt alls nerskurna utan då främst markerade genom bortspolning av finmaterialet och kvarlämnande av en sten- och blocksträng. Gränsen mellan storleksklaserna har dragits vid tre meters djup.

Ravindal i fast berg: ett markant drag i halvöns perifera delar är de ravindalar i fast berg som ofta mynnar i fallzonen. Ravindalarna kan nå ansemliga dimensioner. Julelvas dalgång, (fig. 2:28) på halvöns västsida, är sålunda mer än 200 meter djup. Gemensamt är en klart fluvialt prägel, spetsig V-form, och att dalarna börjar blint (fig. 2:14) och endast hyser ett mindre vattenflöde (Malmström, Olsson & Palmér 1973).

Tydlig glacifluvial/fluvial erosionskant: formen har främst uppkommit där ett vattendrag skurit sig igenom äldre avlagringar.

Kuperad terräng i glacifluviala/fluviala avlagringar: härmed avses glacifluviala eller fluviala avlagringar med höjdskillnader överstigande 5 meter.

Rullstensås: de rullstensåsar som markerats har en markant längdutsträckning och vanligen spetsig tvärprofil. De når en högsta höjd vanligen ej överstigande 7 meter (bild 2:15).

Delta och svämkägla: en uppdelning mellan fossila och recenta deltan har gjorts. De förra ligger i stor utsträckning vid högsta kustlinjen. Svämkäglorna ligger över högsta kustlinjen vanligen där bidalar mynnar i huvuddalen eller i anslutning till större glacifluviala/fluviala rännor.

Meandrande flodlopp: särskilt tydliga exempel på meandring har markerats.

Vattenfall: vattenfall är inte vanliga inom Varangerhalvön. Ett vackert exempel (fig. 2:14) finns dock i Natfjelldalen, en ravindal norr om Vasö. Utmed fallzonen t.ex. vid Tanaälvens nedre lopp finns flera "brudslöjor". Dessa är dock så små och med så obetydlig vattenföring under sensommaren att de ej markerats på kartan.





Figur 2:15. Rullstensås i Storelvas dalgång, södra delen av halvön.  
*Esker in the Storelva valley, southern part of the peninsula.*

#### Marina och limniska former

Kusttyper: Kustsymbolens heldragna linje representerar djupkurvan för 10 meter. Läget för denna har markerats efter de nya topografiska 50 000-delarna. Där dessa saknas (nordvästra delen) har djupkurvan interpolerats från 250000-delens kurvor med hjälp av informationen i flygbilderna. Resultatet har redovisats som approximativ djupkurva. Kust utbildad i lösmaterial (fig. 2:22) har skiljts från sådan i fast berg. Av den senare typen finns både flack och brant. Den branta är vanligast på norra och nordöstra delarna. I vissa fall stupar den från 200 meter brant ner i havet (fig. 2:16). I den branta klippkusten har ofta skurits ut en terass, ett abrasionshak. Terrassernas djup varierar, men ligger ofta i storleksordningen 10 meter. Sollid et al. (1973, s. 240) har mätt höjden på 25 stycken (på och väster om halvön) och därvid fått värdet  $1,1 \pm 0,5$  meter. Som sannolikt bildningssätt anges havets abrasion vid högvatten.





Figur 2:16. Brant klippkust med erosionsplattform vid Kongsfjorden, norra delen av halvön. Lägg märke till den flacka terrängen inom norra platåytan och dess jämna horisontlinje.

*Cliff coast with abrasion platform at the Kongs Fjord, northern part of the peninsula. Notice the flat terrain of the northern plateau surface and its smooth horizon line.*



Figur 2:17. Raukar söder om Hamningberg östra delen av halvön.

*Stacks south of Hamningberg, the eastern part of the peninsula.*

Undervattenssten/bränning: denna information är hämtad från topografiska kartan och gäller för medelvattenstånd. Vid utnyttjande av informationen bör hänsyn tas till den kraftiga tidvattenskillnaden.

Sandrevell/tombolo: finmaterial utmed kusten har på flera ställen bildat bankar. Även bankar i andra kornfraktioner än sand har markerats på detta sätt. På vissa ställen har småöar och skär förenats med halvön genom en tombolo. Några är fossila och ligger över nuvarande strandzon. Vid Persfjord har markerats en tombololikhande bildning i fast berg.

Raukar: kantställning av den sedimentära berggrunden har gynnat utbildningen av raukar. Dessa förekommer i anslutning till eller strax över den recenta kustlinjen på de norra och östra kusterna (fig. 2:17). Förekomsten av raukar på Varangerhalvön har nämnts av bl.a. Markgren (1962, s. 155f).

Fossila strandlinjer: genom den kraftiga postglaciala landhöjningen är kusterna rika på fossila strandlinjer. De kan vara utbildade i klappersten, som vid Svartnes i



Figur 2:18. Strandlinjer utbildade i klapper samt HK-deltan. Store Molvik, nordvästra delen av halvön.

*Shore lines in shingle and deltas at the highest shore line. Store Molvik, north-western part of the peninsula.*

öster och Store Molvik i nordväst (fig. 2:18) eller i finmaterial som vid Karlebotn i sydväst. De kan även bestå av en terrass i lösmaterial eller fast berg. Linjerna har generaliserats ganska kraftigt för återgivning i denna skala och varje tecken står i allmänhet för en serie strandlinjer. Linjerna har tilldragit sig flera forskares uppmärksamhet och undersökts av bl.a. Tanner (1915), Sollid et al. (1973) och Marthinussen (1974). För närmare beskrivning av linjerna hänvisas till dessa författare. Strandlinjer utbildade i insjöar har markerats med samma maner.

### Eoliska former

Dyner, vinderoderade ytor och blow-outs: utmed sydöstkusten och i mynningarna på dalgångar på nordkusten förekommer på flera ställen eolisk sand under HK (fig. 2:19). Dynerna överlagrar ofta strandvallar och med utgångspunkt från dessa har Svensson (1969 c, s. 154) angett knappt 8 000 år som en grov maximiålder för dem vid Komgavaer.



Figur 2:19. Dynner och vinderoderad yta, väster om Komagvaer sydöstra delen av halvön.

*Dunes and deflation area, west of Komagvaer south-eastern part of the peninsula.*



Dynerna är flerstädes utsattta för recent erosion och uppvisar erosionssår, blow-outs, där den eroderande vindens riktning kan bestämmas. Den är vanligen riktad från halvöns centrum mot kusten, dock med en mera nordlig riktning i östra delarna. Sollid et al. (1973, s. 298) anger nordvästlig riktning på den eroderande vinden på syd- och östkusten.

### Periglaciala former

Blockhav med och utan lav: som blockhav har markerats områden som till mer än 50 % består av block i ytan. Inom blockhaven finns stora skillnader i lavbeklädnad, vilket tydligt framgår i, och med god säkerhet kan karteras i, en färgkodad Landsat-scen. Som gräns mellan blockhav med och utan lav har satts 50 % lavtäckning i ortogonalprojektion. Blockhaven diskuteras närmare i kapitel 3.

Solifluktuationslober: jordflytning förekommer frekvent över hela halvön. Det som markerats på kartan är områden med speciellt välutbildade eller rikligt med lober och/eller vallar. Varje tecken står härvid för en grupp av formelement.



Figur 2:20. Tundrapolygoner vid Svartnes, östra delen av halvön.

*Tundra polygones at Svartnes, easternmost part of the peninsula.*



Tundrapolygoner: redan 1891 beskrev Reusch (1891, s. 110) ett polygonmönster från trakten av Berlevåg. Beskrivningen är dock kortfattad och utesluter ej helt att det är frågan om annan strukturmark. Varangerhalvöns tundrapolygoner har inventerats och undersökts av Svensson (1962 a, b, 1963, 1964, a,c), Maack (1967), Sollid et al. (1973) och Jahn & Siedlecki (1982).

Inventeringen inför den geomorfologiska kartan har gjorts från flygbilder på rent geometriska grunder. Någon skillnad mellan olika typer av polygoner har ej gjorts. I något fall kan även stormaskiga stenringar ha inkluderats. Aktiva iskilspolygoner återfinns inte inom halvön, däremot förekommer vissa år uppspräckningar längs polygonfårorna (Svensson 1969 e). Tundra polygonerna har utskiljts från övrig strukturmark på grund av det intresse som ägnats dem, främst som klimatindikatorer. Polygonerna återfinns både inom och utom blockhaven. Mönstret åstadkommes av något tiotal centimeter djupa fåror med en maskvidd varierande från ett till flera tiotal meter (fig. 2:20). För vidare diskussion av tundrapolygonerna hänvisas till ovan angiven litteratur.

Annan strukturmark: i gruppen ingår olika typer av strukturmark som tuvor, stenringar, stengropar, blocksänkor etc. Det är frågan om formelement som var för sig är för små för att återges. Ansatser till strukturmark finns i stort sett över hela halvön. Markering har skett då formerna är så välutbildade och talrika att de tydligt återges i flygbilderna. Flera av formerna modifieras successivt mot mera långsträckt skepnad med ökad marklutning. Jahn & Siedlecki (1982, s. 42) har C-14 daterat tuvor vid Oardujavri och erhållit åldern  $1\,780 \pm 80$  och  $830 \pm 110$  år B.P.

Mindre områden med termokarst: permafrost finns på halvön främst inom myrområdena. I vissa lokalklimatologiskt gynnsamma (ur permafrostsynvinkel) lägen kan dock permafrost uppträda även utanför myrarna. Lokalerna utmärks av små vattensamlingar (fig. 2:21) några meter i diameter och i storleksordningen en meter djupa. Formerna har bildats genom utsmältning av markisen. De på kartan markerade lokalerna ligger norr om Komagvaer i dödisträng och norr om Vestre Jakobselv i en trång fossil dalgång och myrområde.

Recent permafrost utanför myrarna har veterligen ej tidigare rapporterats från Varangerhalvön. De av Svensson (1982 c) beskrivna dalarna i anslutning till iskilspoly-



Figur 2:21. Termokarst. Grop bildad genom utsmältning av markis norr om Komagvaer sydöstra delen av halvön. Skalpersonen står i en motsvarande grop.

*Thermokarst. Pit caused by melting of ground ice north of Komagvaer, south-eastern part of the peninsula. For scale see person standing in equivalent pit.*

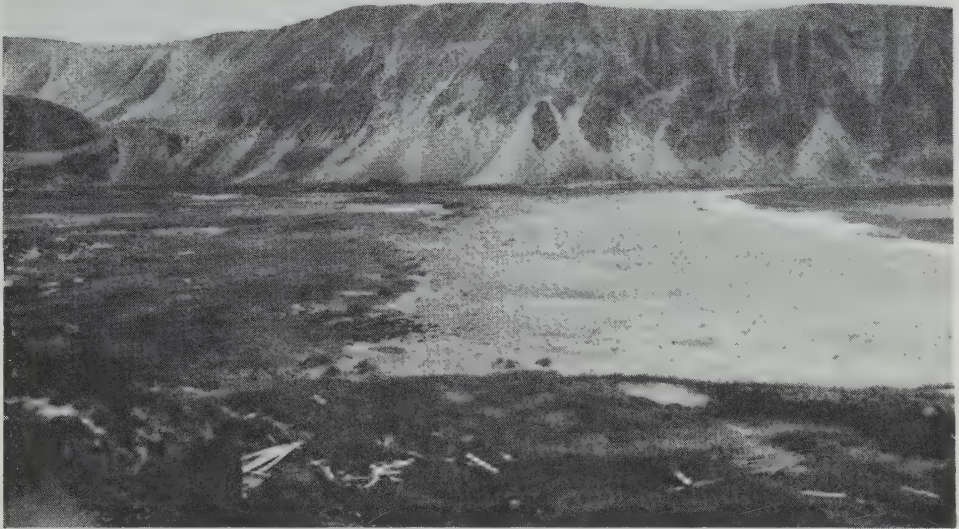
gonier är fossila.

### Sluttningsformer

Talus och andra massrörelser: de branta sluttningarna är i stor utsträckning modifierade av massrörelser (fig. 2:22) främt rasrännor. Vid branter i fast berg, exempelvis brant klippkust, bildas taluskoner som urskiljts från andra massrörelser och markerats separat.

Lavinstråk: särskilt erosionsrännor utbildade genom laviner har markerats (fig. 3:32).

Jordskred: ett jordskred har markerats vid Karlebotn längst in i Varangerfjorden. Tecknet anger både erosionsärret och den oroliga topografin inom ackumulationsområdet.



Figur 2:22. Talus och kust i lösmaterial, västra delen av Kongsfjorden, norra delen av halvön.

*Talus and coast, western side of the Kongs Fjord, northern part of the peninsula.*

#### Biogena och antropogena former

**Myrar och palsar:** Myrarna når störst utbredning i de större dalstråken och i kustzonen främst i öster och söder. De är relativt grunda och når endast undantagsvis större djup än 2-2,5 m. Utbredningsbilden är i huvudsak hämtad från topografiska kartan 1:50 000.

Klimatet bjuder goda förutsättningar för palsbildning. Sådana finns också i så gott som samtliga myrar av lite större storlek. I sydvästra delen är de speciellt välutbildade. Kupolpalsarna vid Karlebotn (fig. 2:23) utgör en klassisk palslokal och är särskilt väldokumenterade (Svensson 1962 c, 1964 b, Lindqvist & Mattsson 1965, Åhman 1969). Palsar inom området har inventerats och undersökts av Åhman (1967, 1975 a, 1975 b, 1977). Vid C-14 datering av palsarnas torvlager har han erhållit åldrar på maximalt  $7\,520 \pm 100$  år B.P. vid Karlebotn och  $4\,900 \pm 95$  vid Varangerbotn (Åhman 1977, s. 125ff).

**Skogsgräns:** skogsgränsen ligger högst i sydväst och sjunker mot nordost. Gränsen övertvärrar sydvästra hörnet av



halvön och når där upp mot 250 meter över havet. Den söker sig sedan ner mot havets nivå och når denna vid Vestre Jakobselv respektive strax ovan Tanaälvens utlopp i Tanafjorden. Skogen består nästan uteslutande av björk och videsnår.

Utanför skogsgränsen förekommer snår av vide och i skyddade lägen även små samlingar med fjällbjörk, t.ex. söder om Båtsfjord. På Vardö finns en rönn. Den är emellertid planterad och föremål för särskild omvårdnad vintertid. Skogsgränsens läge har markerats efter Atlas över Finland (1960).

Grustag/stenbrott: dessa är inlagda från flygbilderna och bilden har endast i undantagsfall kompletterats med senare information. Bilden visar således läget 1970. Ingen differentiering har gjorts mellan nerlagda och i bruk varande täkter då de flesta är relativt små och används endast en begränsad tid. Endast begränsade försök att återställa täkterna vid upphörd brytning har gjorts.

Väg/bebyggelse: redovisningen av vägar och bebyggelse följer den topografiska kartans (1:50 000).



Figur 2:23. Pals. Karlebotn innerst i Varangerfjorden.  
*Palsa, Karlebotn the innermost part of the Varanger Fjord.*



## 2.11. Geomorfologiska regioner

Av den geomorfologiska kartan framgår halvöns platåkaraktär och enhetliga jordartmönster. Slående är den stora areal som upptas av blockhav och dess starka koncentration till norra delen av halvön. Den nordväst-sydöstliga begränsningen, som i stort motsvaras av Trollfjord-Komagelv-förkastningen, återkommer även i andra utbredningsmönster. Så visar dalgångarna på den norra halvan upp ett utpräglat dendritiskt mönster som skiljer sig från sydsidans. I dess största dalgång flyter både Bergebyelva och Jakobselva och de uppvisar en stark övervikt för biflöden från väster respektive öster. Det dendritiska mönstret i norr är anmärkningsvärt med tanke på den heterogena berggrunden och den stora morfologiska genomslagskraft som förkastningen har i Gaednjajavri och i intilliggande sjöars ytgestaltning.

Bland de glaciala formerna kan noteras att serier med glacifluviala/fluviäl rännor nästan enbart förekommer på södra halvan liksom dödstopografi och HK-deltan.

Büdel urskiljde 1948 tre klimatmorfologiska regioner inom polarområdet: blockhavszonen (frost-shatter zone), tundra zonen och skogszonen (forest zone). Rapp och Rudberg (1960) konstaterar att indelningen är användbar inom Skandinavien både ur teoretisk och praktisk synvinkel. Zonerna är lätta att avgränsa i fält och de bjuder genom sina skilda klimat- och vegetationsförhållanden olika förutsättningar för morfologisk aktivitet. Gränsen mellan blockhavszonen och tundrazonen går vid blockhavens nedre gräns och är vanligen distinkt. Över gränsen är frostsprängningen och denudationen intensivast. Transporten genom solifluktion sker normalt i ett odifferentierat lager men resulterar även i stensträngar. Laviner, slamströmmar och talus är vanliga företeelser. Under gränsen, i tundrazonen, förekommer rikligt med stenringar, stengropar och terrasser. I skogszonen minskar den periglaciala formrikedomen, stengropar, talus och polygoner på sjöstränder är de vanliga. Rapp och Rudberg påpekar att blockhavens undre gräns ej är horisontell utan varierar i Skanderna mellan 1000 m (Abisko) och 1600 m (södra Jämtland, jfr fig. 3:7 och 3:8). De olika zonerna är starkt höjdbetingade och borde därför vara svåra att applicera på Varangerhalvön med dess ringa höjdomfång. Det går ej att direkt överföra höjdgränserna från fjällområdet, då detta skulle placera i stort sett hela halvön inom

skogszonen vars övre gräns varierar mellan 500 m i norra Lappland och 950 i Dalarna. Snedställningen av gränsen accentueras ytterligare inom det här aktuella området genom dess utformning som halvö där skogsgränsen varierar mellan 250 m och 0 m på bara några mil. Värdena ligger dock i det intervall som erhålles vid extrapolering av värdena från fjällkedjan. Gränsen mellan blockhavszonen och tundrazonen varierar mellan 250 m i nordöst och 450 m i sydväst. (Värdena är genomsnittsvärden och blockhaven kan på vissa ställen nå avsevärt lägre, t.ex. knappt 100 m vid norra sidan av Syltefjord.) Rudberg anger (1977, s. 97) 250-275 m utmed nordkusten. Över denna skråställda nivå dominerar blockhav, område 3 och 4 enligt indelningen nedan. Här förekommer visserligen solifluktslober men ej i samma utsträckning som nedom gränsen. Under denna är även olika slag av strukturmärken vanlig. Tundrapolygonerna finns dock inom båda zonerna och talusbildningarna följer mera berggrunden och dess strukturer än zonindelningen. I stort är dock indelningen tillämplig inom Varangerhalvön trots dess från fjällkedjan starkt avvikande ytgestaltning och berggrund.

Fem större regioner kan urskiljas morfologiskt (fig. 2:24) nämligen: södra och östra kust- och fallzonen, de större dalgångarna på södra och östra delarna, södra plåtåområdet, norra plåtåområdet respektive de nordliga dalbottarna. De olika områdena kommenteras nedan.

1. Södra och östra kust- och fallzonen omfattar den yttersta kustremsan och den markerade fallzonen upp mot de inre delarna av halvön. Området är smalt och långsträckt. Det vidgar sig något i fjordbottnen mellan Varangerbotn och Karlebotn samt öster om Vadsö bort mot Kiberg och återigen innanför Vardö. Genom att norra och västra kusterna stupar brant ner i havet saknas motsvarande flacka partier här.

Fallzonen är skarpt markerad och präglas speciellt i nordväst, norr och öster av talus och andra massrörelser. Kustlinjens morfologi är beroende av berggrunden. Så motsvaras Kongsfjordens öar av ett parti med kantställd berggrund. Halvöns östra "hörn" Blodskyttsodden och Kibergsneset liksom Ekkeröy motsvaras av berggrundsstrukturer. Tre av fjordarna på nordsidan Båtsfjorden, Syltefjord och Persfjorden ligger inom Båtsfjordformationen (se berggrundskartan, fig. 1:4) med sand- och lersten. Rent generellt är kusterna inom den norra halvan med allohton berggrund branta och inom den södra autoktona delen flacka.



Figur 2:24. Varangerhalvöns geomorfologiska regioner. 1. södra och östra kust- och fallzonen, 2. de större dalgångarna på södra och östra delarna, 3. södra platåområdet, 4. norra platåområdet, 5. de nordliga dalbottenarna.

*The geomorphological regions of the Varanger Peninsula: 1. the southern and eastern coast- and fall zone, 2. the larger valleys of the southern and eastern parts, 3. the southern plateau surface, 4. the northern plateau surface, 5. the northern valley bottoms.*

Den flacka yta som utgör huvuddelen av området utmärks av låg relief och kraftig marin påverkan. Partiet ligger under HK och uppvisar spår efter marin abrasion, talrika strandlinjer inklusive sviter med extemt välutbildade strandvallar. En stor del av ytan upptas av myrar. Av halvöns större myrstråk ligger huvuddelen inom denna region, myrarna kring Korselva och Vesterelva i väster, Kibymyra öster om Vadsö och myrarna kring Svartnes i öster.

2. De större dalgångarna på södra och östra delarna ligger mellan 100 och 300 meters höjd. Området domineras av Jakobselvas och Komagelvas vida och flacka dalgångar. Detaljmorfologin bestäms av lösmaterialet, ytan är småkullig, dock med begränsade höjdskillnader (fig. 2:25). Regionen är rik på mindre sjöar och myrar. En stor del av halvöns glaciala och periglaciala ackumulationsformer finns här.



Figur 2:25. Geomorfologisk region 2. de större dalgångarna på södra och östra delarna. Jakobselvens dalgång. I dalgångens bortre begränsning skymtas den för paleiska dalgångar typiska "knycken" i dalsidan. Sjön till vänster är Bergebyvatnet.

*Geomorphological region 2. the larger valleys of the southern and eastern parts. The Jakobselva Valley. On the valley-side there is a glimpse of the "jerk" that is typical of a paleic valley. The lake to the left is Bergerbyvatnet.*

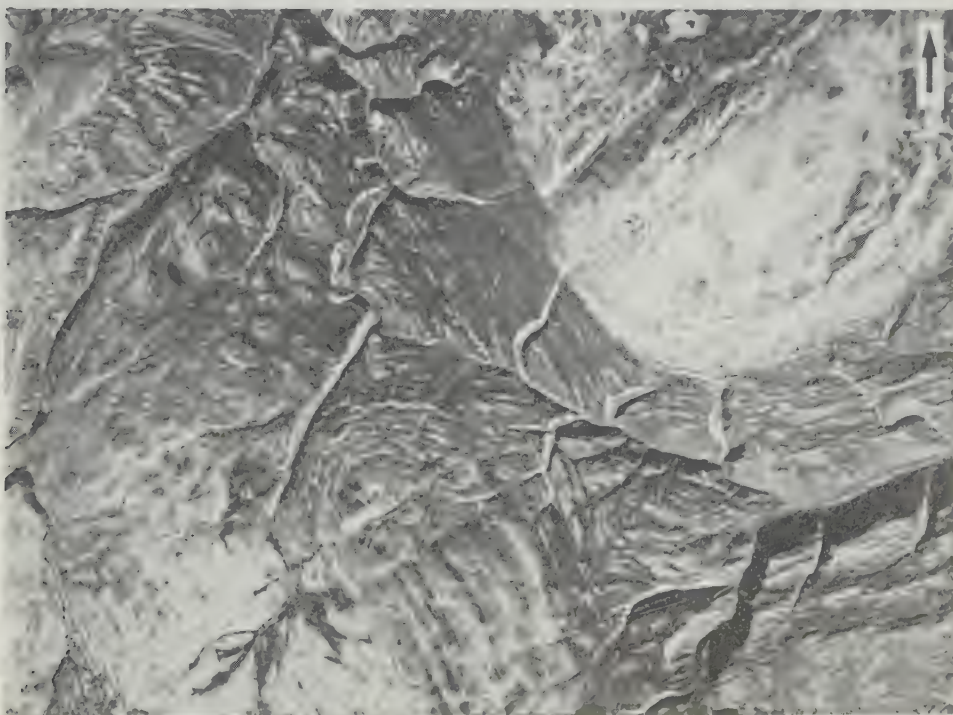
3. Södra platåområdet ligger i stort mellan 300 och 500 meters höjd och består av två delar. Den västra omfattar Maddavarri och dess morfologiska fortsättning mot väster där platån stupar tvärt ner mot Tanaälven. Den södra begränsningen sammanfaller med en bergartsgräns som topografiskt markeras genom ett brantare parti. Norra begränsningen utgöres av Julelva. Det östra området domineeras av Urdfjellet och Falkfjellet båda två med en ytterst flackt konvex profil.

Området utmärks av talrika glacifluviala/fluviala erosionsspår. Ofta uppträder hela sviter med skvalrännor, t.ex. på Urdfjellet och Falkfjellet (fig. 3:37 och 3:38). Markytan uppvisar sparsam vegetation och hög block- och stenhalt, bitvis rena blockhav av vilka Falkfjellet är det största. Sjöar saknas och arealen myr är obetydlig. En river capture har uppstått när Alljavaejjåkkas övre flöde har överförts till Stygsdalen och därmed Julelva (Svensson 1971), s. 13).

4. Norra platåytan upptar större delen av norra halvön. Sydgränsen sammanfaller med Julelva (fig. 2:28) och



Trollfjord-Komagelv-förkastningen. Regionen är i stort en parallell till föregående men med bättre utbildade blockhav (fig. 3:25) som nästan helt täcker den svagt böljande ytan på mellan 200 och 600 meters höjd. Morfologin i övrigt präglas av solifluktionslober, polygoner och glaci-fluviala /fluviala rännor. De senare förekommer dock inte i sviter som på sydsidan utan som kraftigare nerskurna rännor i anslutning till recenta vattendrag och ravindalar. Rännorna hyser inga permanenta vattendrag men fyller en viktig funktion vid snösmältningen. Älvarna och jokkarna är anmärkningsvärt skarpt nerskurna och antalet sjöar och myrar är starkt begränsat. Platåytan når ända ut mot kusten där den stupar brant ner mot havet (fig. 2:16). Inom området finns Varangerhalvöns högsta partier.

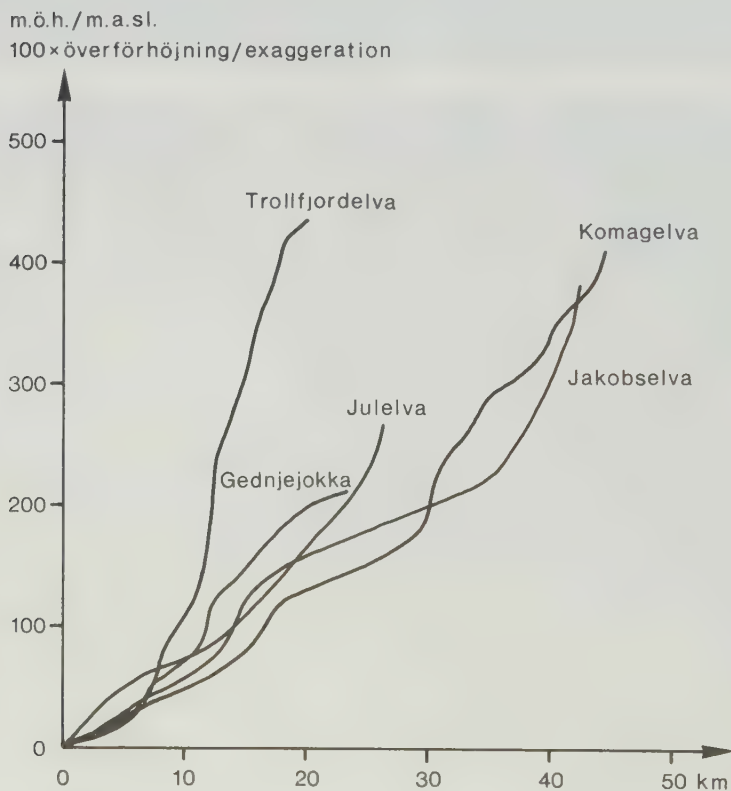


Figur 2:26. River capture inom region 4. norra platåytan. Sandfjordelva, till höger förlorar vatten till Sandfjordelva. Foto: Fjellanger - Wideröe A/S, Oslo. Skala ca 1:60 000.

*River capture within region 4. the northern plateau surface. The Sandfjordelva River to the right loses water to the Austereelv River. Photo Fjellanger - Wideröe A/S, Oslo. Original scale 1:60 000*

Även inom detta område finns en river capture (fig. 2:26). Det är Sandfjordelva som mynnar strax söder om Hamningberg som i sina nordvästra delar kommit att förlora vatten till Austerelva som mynnar i Syltefjord.

5. De nordliga dalbottnarna bildar den femte regionen. Främst Kongsfjordens dalbotten och dess förlängning mot Trollfjord-Komagelv-linjen men även Båtsfjordens dalbotten uppvisar en annan morfologi präglad av lösmaterial och avsaknaden av blockhav. Området är sjörikt. Sjöarnas utformning bestäms av lösmaterialets morfologi och ovan nämnda förkastningslinje.



Figur 2:27. Fallkurvor för några älvar, jämför texten.

*Stream channel profiles of five rivers. The geomorphological regions are reflected in the profiles. The Jakobselva River enters region 2. at 270 m.a.s.l. and region 1. at 100 m, the Komagelva River at 180 m.a.s.l. respectively 100 m. The Trollfjordelva River and Julelva River flow in fluvially impressed valleys (cf Fig. 2:28) without irregularities. The Gaednjajavri River leaves region 5. and enters region 1. at 100 m.a.s.l.*

### 2.11.1 Exempel på fallkurvor hos älvarna

Figur 2:27 visar hur de olika regionerna och deras gränser återspeglas i älvarnas fallkurvor.

Jakobselva har sina källflöden inom region 3. De är skarpt nerskurna och uppvisar den för regionen typiska unga profilen. Älven kommer in i område 2 vid ca 270 meter över havet. Profilen flackas ut tills älven når fallzonen och övergången till region 1 vid 100 meters nivå där fallkurvan visar en ny knyck.

Komagelva uppvisar en liknande kurva. Även den rinner upp i region 3 på Falkfjellets norra flank. Älven passerar igenom Kjöltindan (region 4) i en mer än 200 m djup ravindal, Björneskåret, för att sedan komma ut i Komagdalen, region 2, vid 180 meter över havet. Vid drygt 100 meter passerar älven ett parti med moränackumulationer varefter kurvan, nu i region 1, återigen flackas ut.

Trollfjordelva och Julelva uppvisar en annan jämnare typ av kurvor. Båda älvarna rinner under hela sitt lopp i en region 4 respektive gränsen mellan 3 och 4 (fig. 2:28) och



Figur 2:28. Starkt fluvialt präglad dalgång. Julelva, västra delen av halvön. Observera även den jämna terrängytan.  
*Strongly fluvially impressed valley. The Julelva valley, the western part of the peninsula. Note also the level terrain.*



båda återfinns i fluviatilt präglade ravindalar. Profilerna är konkava och utan större oregelbundenheter.

Det femte exemplet i figuren är Gaednjajokka. Älven kommer från Gaednjajavri, en av de stora sjöarna inom det moränpräglade område 5. Fallkurvan är konkav fram till övergången till region 1 där älven passerar ett parti med forsar i höjd med en väst-östlig förkastning. under HK övergår profilen till konvex.

### 2.11.2 Ravindalar och glaciala småformer

Ett anmärkningsvärt drag är den starkt fluviatila prägeln hos dalgångarna, med spetsigt V-formad tvärprofil, (fig. 2:28) och den relativa avsaknaden av glaciala småformer inom halvön.

Rudberg (1982) har med utgångspunkt från Búdels (1981) antagande om en klimatmorfologisk zon med intensiv dalbildning diskuterat dalbildning på Axel Heiberg Island, Västgrönland och Svalbard. Granskningen visar på skillnader mellan områden med sedimentär berggrund och områden med urberg. I de förra är morfologiskt unga fluviala dalar allmänna medan de glaciala detaljformerna är sparsamt företrädda medan förhållandet inom urbergsregionerna är det motsatta. Avsaknaden av glaciala detaljformer behöver inte bero på vittring utan allt mer tyder i stället på att de aldrig utbildats på de sätt som vi anser typiskt (op. cit., s. 34) och att förekomsten av rundhällar och övriga glaciala småformer främst skulle vara bergartsrelaterat. När det gäller den höga frekvensen av V-dalar inom de undersökta områdena påpekas det faktum att samtliga, inom de undersökta områdena, förekommer i anslutning till sidor i starkt glacialt präglade storformer. Det vill säga den lokala erosionsbasen har sänkts genom en glacial tillskärpning av de storskaliga formernas sidor. Effekten av denna sänkning av erosionsbasen förstärks genom den postglaciala landhöjningen.

Resultatet av den geomorfologiska inventeringen av Varangerhalvön stöder hypotesen om de glaciala småformernas starka berggrundsberoende. Rundhällar finns på kartan markerade utefter Varangerfjorden och i anslutning till de större dalstråkens mynnningar på nordsidan av halvön, främst inom kvartsitisk berggrund. Utbildningen av rundhällarna har gynnats av den dirigerande verkan på isströmningen som fjorden respektive dalgångarna utövat, varför det är tvek-



samt om man härav kan dra några slutsatser av fördelningen inom undersökningsområdet. Man kan emellertid konstatera formgruppens svaga representation som helhet och skillnaderna mot sydsidan av fjorden och därmed urbergsterräng.

Förekomsten av V-dalar uppvisar samma diskrepans. Utbredningsbilden inom halvön tyder inte på överrepresentation inom någon speciell av de här representerade bergartstyperna. De flesta ravindalarna mynnar i större dalgångar eller fjordar där man har anledning att förvänta sig en glacial accentuering av reliefen och därmed en sänkning av den lokala erosionsbasen. En sänkning till följd av den postglaciala landhöjningen bör resultera i en oregelbundenhet i älvarnas fallkurvor i samband med HK. Övan berörda fallkurvor (fig. 2:27) styrker dock inte denna härledning då de älvdalar som visar tydligast fluvial prägel, Julelva och Trollfjordelva, i stället utmärker sig genom avsaknad av oregelbundenheter.

Att uttala sig om dalgångarnas ålder är svårt vid nuvarande ståndpunkt. Inga isräfflor finns noterade i dalgångarna. Dessa är emellertid kraftigt påverkade av frostvittring och sluttningsprocesser och någon direkt inventering med denna utgångspunkt har ej genomförts. I stor utsträckning är dalarna orienterade tvärs den dominerande isrörelseriktningen. Denna orientering skulle närmast gynna möjligheten att passera en nedisning utan att omformas glacialt. Detta skulle vara möjligt om dalgångarna mer eller mindre fylldes med snö/is i ett tidigt skede, varefter huvudisen passerade över dalgången utan att direkt påverka denna. I detta sammanhang bör snödrev fylla en viktig funktion på samma sätt som av Rapp (1982) diskuterats för Skäralid i Skåne, med flera kanjondalar. Som indikatorer för denna utveckling kan förekomsten av nivationssnicher i dalgångarnas sidor användas. Att sådana förekommer i ravindalarna på Varangerhalvön är helt klart. Deras närmare utbedning är dock ännu ej tillräckligt känd.

Sammanfattningsvis kan bergartens betydelse för avsaknaden av glaciala småformer inom halvön relativt urbergsterrängen söder om samt för förekomsten av fluviatilt V-formade ravindalar poängteras. För att ange åldern på de senare krävs kompletterande undersökningar, men en preglacial initiering av flera av dem synes trolig och styrks av avsaknaden av lösmaterialackumulationer i anslutning till mynningarna. Att bildningarna inte är helt preglaciala visas dock av förekomsten av river capture i anslutning till en del av ravindalarna. Sambandet mellan berggrunds-

mönstret inom halvön och utbredningen av glaciala småformer är inte lika klart som när det gäller sedimentära bergarter kontra urberg. Denna fråga diskuteras vidare i kapitel 6.

### 2.11.3 Paleiska ytor

Redan 1901 införde Reusch (1901, s. 133) begreppet paleisk yta "... bekvemt at have en omfattende betegnelse for landets oprindelige relief i modsætning til de nyere denu-dationsformer, som en saadan vil jeg i det følgende benytte palaeisk overflade (af palaios, gammel). For Norges vedkom-mende er jeg tilbøielig til at bestemme den nøiere som den overflade, hvis hovedsagelige traek er aeldre end den kvar-taere tid, altsaa er tertiære og aeldre." Det är sålunda en vid definition grundad på morfologiska kriterier. Ytan utmärks av en flackt vågig relief. Reusch påpekar att man skall hålla sig till reliefens huvuddrag och bortse från modifieringar genom is och vatten under kvartär. Den paleiska ytan är ej enhetlig utan det kan vara frågan om flera olika peneplan. Avgränsningen av ytan göres där yngre markerad dalar börjar skära sig in, något som kan vara svårt att avgränsa i praktiken.

Begreppet har alltsedan det introducerades diskuterats flitigt i samband med Norges stormorfologi, för de norra delarna bland annat av Wråk (1908), Ahlmann (1919), Braun (1925, 1928, 1935), Keindl (1936), Tanner (1938), Svensson (1959), Kaitanen (1969), Möller & Sollid (1973), Schipull (1974) och Peulvast (1978). Det är främst antalet ytor, korrelationen mellan dem väster respektive öster om fjällkedjan och ytornas ålder som ventilerats, medan betydligt mindre intresse ägnats åt att i kartform söka avgränsa deras utbredning i detalj över större områden. Gjessing (1967) har sammanfattat diskussionen för Norge, Rudberg (1954) för Norden och Lidmar-Bergström (1982) för Europa.

Det är områden söder om Varangerhalvön som främst varit aktuella i detta sammanhang. Wråk urskiljer en hel serie med erosionsgenerationer. Han hänvisar (1908, s. 24) till en teckning från Berlevågstrakten i ett av Reuschs arbeten. De erosionsytor som förekommer i illustrationen förs till Guristiden, en period som föregåtts av en landhöjning varunder Finnmark tippats mot norr. En likåldrig sydlig motsvarighet öster om fjällkedjan skulle utgöras av det breda bälte av myr- och moränmarker som sträcker sig genom mitten på Lappland och som av Wråk (op. cit., s. 11) be-

nämns Muddusgenerationen. Tanner (1938) urskiljer för norra Skandinavien tre nivåer, Gipfelniveau, Oberes Niveau och Unteres Niveau.

Gjessing (1967) sammanfattar den paleiska ytans karaktistika enligt följande. Den ger ett moget intryck (old apperance), är preglacial, består av höjder (hills) och sänkor (depressions). Höjderna är svagt konvexa med regelbundna krön begränsade av branta sluttningar. De når en relativ höjd på mellan 100 och 600 m.

Sänkorna är resultat av erosionen. Bassängerna är oregelbundna, runda eller avlånga. Dalarna varierar i bredd mellan några hundra meter och flera tiotals kilometer.

Som trolig genes för ytan diskuterar Gjessing djupvittring och subäril sluttningsutveckling, något som förklarar den typiska dalsidan med en konkav profil som nederst avslutas med en knyck mot en pedimentliknande yta men med avsaknad av dräneringsmönster.

Morfologin inom stora delar av Varangerhalvön torde väl överensstämma med beskrivningen av den paleiska ytan enligt Reuschs ursprungliga definition. Detta gäller för den södra platåytan, region 3, där Urdfjellet och Falkfjellet (fig. 3:37) uppvisar en flackt konvex profil medan västra



Figur 2:29. Utbredning av paleiska landformselement.  
*The distribution of paleic surfaces.*

delarnas flacka ytor i de perifera delarna genomskäres av ravindalar av ung karaktär (fig. 2:28). Det norra platåområdet, region 4, har motsvarande flacka ytor (fig. 2:16) medan även här dalgångarna har helt andra karakteristika.

Inom område 2, de större dalgångarna på södra och östra sidan, visar främst Jakobselvns dalgång en del av kriterierna för paleiska dalar med en dalprofil som har den typiska knycken vid övergången mot dalbotten främst i sin östra dalsida (fig. 2:28). Dalgången är i stort präglad av lösmaterialets topografi och den glaciala omformningen.

Utbredningen av paleiska ytor inom Varangerhalvön har sammanfattats i figur 2:29.

Den geomorfologiska kartan bildar utgångspunkt för de följande diskussionerna rörande blockhav, kullar i lösmaterial och deglaciationsförloppet inom halvön.

### 3. BLOCKHAV

#### 3.1 Inledning, bakgrund och huvudsyfte

Av Varangerhalvöns totala yta på ca 6 200 km<sup>2</sup> täckes ca 1 700 km<sup>2</sup> eller drygt 27 % av blockhav (se definition nedan), som därmed utgör ett markant geomorfologiskt drag i halvöns landskapsbild. Blockhav är inte unikt för Varangerhalvön utan förekommer frekvent i hela fjällkedjan men även i skogslanden utanför.

Forskningsarbete har under lång tid utförts för att utröna glaciations- och deglaciationsförloppen för de kvarstående nedisningarna och då framför allt weichselnedisningen. Diskussioner har därvid förts angående dess maximala utbredning och mäktighet. Från främst biologiskt håll har hävdats, att vissa högt eller perifert belägna områden, inom eller i anslutning till fjällkedjan, skulle varit isfria, åtminstone under weichsel. Dessa isfria områden skall ha utgjort övervintringsställen, refugier, för vissa växter och djur, vars nuvarande utbredning annars är svår-förklarlig. Delar av Varangerhalvön har utpekats som varande refugieområden. Geovetenskapliga undersökningar visar å andra sidan, att de sistnämnda områdena har täckts av is under weichsel.

Vid de diskussioner, som förts angående isfria refugier, har speciellt intresse riktats mot blockhavsområdena. En del forskare hävdade att vittringsmaterialet inom blockhaven skulle vara preglacialt och att blockhavens



nedre gräns följaktligen skulle motsvara isytan.

Kännedom om blockhavens geomorfologi, bildningssätt, ålder, utbredning och mäktighet bör bl.a. kunna bidra till kännedom om isrörelseförlopp, maximal utbredning och istjocklek. Av vikt för refugiediskussionen är också, att med så stor säkerhet som möjligt, objektivt kunna peka ut eventuella isfria områden om sådana funnits.

Inom blockhaven på Varangerhalvön förekommer dessutom vindslipning och stora olikheter i lavtäckning.

Föreliggande blockhavsanalys har som huvudsyfte att bidra till att besvara frågorna om blockhavens genes och ålder och därmed också att ange vilken ställning blockhaven intog under senaste nedisningen. Kan Varangerhalvöns blockhav ha utgjort isfria refugieområden? Vilka förhållanden speglar vindslipning och olikheter i lavtäckning?

## 3.2 Allmänt

### 3.2.1 Litteraturoversikt rörande olika definitioner av termen blockhav

Fairbridge (1968, s. 351) definierar i "The Encyclopedia of Geomorphology" termen blockhav under "Felsenmeer" på följande sätt: "The German terms Felsenmeer or Blockmeer (plural -e), or the English "block field", are applied in geomorphology to a chaotic assemblage of fractured rocks in any flat lowland area in the polar regions or any high plateau or summit in temperate latitudes, where well-jointed massive rock types outcrop." Den angivna definitionen är entydig, vilket den dock inte är vid närmare studier av arbeten inom ämnesområdet enligt nedan.

Blockhaven uppmärksammades under 1800-talet vid undersökningar i tyska Mittelgebirge och kring sekelskiftet ansågs de mellantyska blockhaven av många forskare vara bildade genom recenta vittrings- och sluttningsprocesser (Strömquist 1973, s. 41). Strömquist (s. 41) urskiljer två huvudlinjer när det gäller den genetiska tolkningen av dessa blockhav och de sammanfattas enligt följande:

a) friläggning av äldre (tertiära) vittringsrester.

b) bildning i periglacial miljö i samband med kvartära nedisningar.

Svenonius (1909) beskriver tidigt blockhavsbildningar inom högfjällsregionen i den skandinaviska fjällkedjan och är

också den förste att införa terminologin "skärf- eller blockhav" (s. 169) i svensk geovetenskaplig litteratur. Han beskriver även blockhavslokaler med "små runda eller ovala öar" (s. 175) bestående av jord och finare material i mitten. "Blockhavens väsentliga beståndsdel utgöres af genom vittringen lössprängdt, icke transporteradt bergarts-material, som tydligen icke kan likställas med bottenmorän-grus, då det ej är packadt eller repadt" (s. 176). Vitttringen, som beskrives avser frostvittring.

Även Högbom beskriver tidigt från norra Skandinavien och Spetsbergen, i en serie numera klassiska arbeten inom den periglaciala geomorfologin (Högbom 1909, 1914 och 1926), frostens morfologiska inverkan på markytan med bl.a. utbildning av blockhav. I det senare av arbetena (Högbom 1926) inför han beteckningen (s. 244) autoktona blockhav ("autochtone Blockfelder") som avser huvudsakligen genom frostsprängning, in situ vittrad berggrund (s. 246), men han påpekar också att rena autoktona blockhav sällan existerar utan ett visst inslag av erratika är vanligt. Även blockhav uppkomna genom frostsortering av morän, moränblockhav (s. 247), beskrives. Gränserna mellan autoktona blockhav och moränblockhav är ofta flytande och därmed svårbestämda. I samma arbete (Högbom 1926) anses det, för förståelsen av frostaktivitetens betydelse för uppkomsten av blockhav, inte nödvändigt att skilja mellan de båda blockhavstyperna, eftersom ...*"ihre oberflächliche Gestaltung und innere Struktur, Abhängigkeit von Bodenfeuchtigkeit oder Wasser usw. in den meisten Hinsichten übereinstimmen"*. *"Beide Formen sind auch als Resultate derselben Prozesse, Frostsprengung, Sortierung und Bodenbewegungen, aufzufassen"* (s. 247). I likhet med Svenonius (1909) hänför Högbom (1926, s. 247) termen blockhav till flackt eller nästan flackt liggande blocksamlingar. Vid ökande stupning definieras andra formelement beroende på av gravitationen orsakade rörelser.

E. Dahl (1949, s. 242) skriver: "Med blokkhav (tysk Felsenmeer) mener vi store masser av blokker som er forvitret løs in situ fra det underliggende faste fjell i bergartstyper som på andre lokaliteter, gjerne lavereliggende lokaliteter, viser frisk slipning etter isen." Författaren nämner i detta arbete ingenting om blockhav uppkomna genom frostsortering av morän. Samma författare skriver dock tolv år senare (E. Dahl 1961, s. 86): "Blokksamlinger kan dannes på forskjellig måte. Det kan dreie seg om et opprinnelig morenemateriale hvor de finere bestanddeler

senere er fjernet ved erosjon eller solifluksjon, det kan vaere blokksamlinger etter senglasiøle dreneringskanaler, eller blokkene kan vaere falt eller glidd ned fra en fjellside. Det forekommer imidlertid en egen type hvor blokkene er forvitret ut in situ fra den underliggende bergart, ofte i atskillig dybde ... Jeg vil her bruke uttrykket toppmateriale for ethvert in situ forvitret materiale som ligger i de høyereliggende deler av terrenget; det kan vaere blokkrikt eller mer finkornig. Blokkhav brukes om enhver blokksamling enten den er autokton eller allokton."

Ives (1958) och Löken (1962 och 1969) använder termen "mountain-top detritus" för att beteckna berggrund, som är in situ vittrad i sådan utsträckning, att den kan betecknas blockhav. Ives (1958) understryker vikten av att skilja mellan autoktont bildade blockhav och moränblockhav (jfr Högbom 1926, se ovan).

Rapp & Rudberg (1960) delar in recenta periglaciala fenomen i tre klimat-morfologiska zoner (jfr Büdel 1948):

1. blockhavs- eller frostsprängningszon
2. tundrazon
3. skogszon

Enligt författarna karaktäriseras blockhavszonen av ett blocktäckte bestående av huvudsakligen kantiga block men lokalt även berg i dagen. Zonen innefattar all blockrik mark, även sådan i brant stupande terräng. Rapp (Rapp & Rudberg 1960, s. 147) kommenterar Svenonius' (1909) slutsats, att blockhaven har bildats i postglacial tid genom in situ vittring av berggrunden, genom att konstatera att så oftast är fallet, men att det inte är ovanligt att hitta ovittrade erratika utspridda i blockhaven. Är halten främmande block tillräckligt stor, finns möjligheten att blockhavet genetiskt är en frostsorterad morän eller att finmaterialet i moränen har borttransporterats.

J. Lundquist (1958 och 1962) skiljer mellan blockhav bildade genom in situ vittring (frostsprängning) av berggrund och blockhav bildade genom frostsortering av morän.

Markgren (1962) skiljer mellan monogena och polygena blockfält med hänsyftning på antalet exogena processer huvudansvariga för utbildningen av blockhavsmaterialet. Likhetstecken sättes mellan autoktona blockhav och monogena blockfält. Polygena blockfält avser blockhav med både autoktont och alloktont material (s. 52). De flesta blockhav är enligt samma författare polygena även om små monogena fält förekommer (s. 48). "Blockfälten i Skandernas högre

delar består i regel av övervägande lokalt, ev. spolat morän- och/eller vittringsmaterial med inblandning av erratiska block" (Markgren 1962, s. 48).

R. Dahl (1963 och 1966) använder termen blockhav för större blocksamlingar på horisontell eller lutande (maximalt 25°) mark. Materialet kan vara autoktont, alloktont eller bådadera (polymikt).

Svensson (1967) urskiljer två huvudhypoteser rörande blockhavsbildning i Skandinavien (s. 14-16):

"A. Block fields have been formed through frost processes (frost heaving and sorting) in a moraine of rich block contents.

B. Block fields are in situ formations of the underlying bedrock."

Caine (1968, 1972 och 1983), som har utfört mycket omfattande blockhavsstudier i Tasmanien, anser (1968, s. 5) att blockhavstermen skall vara deskriptiv, d.v.s. utan någon form av genetisk anknytning. Med referens till Fezer (1953) definierar författaren (Caine 1968, s. 6) blockhav som en blockavlagring på horisontell till svagt lutande mark (maximalt ca 15 grader i Tasmanien), där blocken ligger intill varandra och där finmaterial saknas mellan blocken i ytlagren. Ingen växtlighet får finnas utom lavar och mossor.

Rudberg (1970 b, s. 80) skriver att "Den mest intressanta av de periglaciala zonerna i de svenska fjällen är blockhavs-zonen ... olöst fråga, i vilken utsträckning blockhavet består av frostsprängt material, liggande mer eller mindre in situ, och i vilken utsträckning det består av genom frosten sorterad morän". Författaren påpekar (s. 85) att en hög procent lokalt material inom ett blockhav inte i sig utgör något bevis för att blockhaven i stor utsträckning är bildade genom frostsprängning in situ och inte genom sortering av morän.

Rudberg (1977, s. 94) konstaterar att blockhav inom fjällområden vanligtvis definieras som områden där markytan är täckt av lokalt vittringsmaterial, huvudsakligen grövre material. Författaren föreslår att markytan skall vara täckt till mer än 50 % av grövre material för att definieras som blockhav. Vidare noteras (s. 95) i den generella definitionen av blockhav stor uppmärksamhet fästes vid att blockhavsmaterialet består av lokalt vittringsmaterial. Detta förhållande är inte generellt bevisat enligt Rudberg (1977). Kantighet och stort inslag (ofta 95-100 %) av material från den lokala berggrunden talar visserligen för att det är frågan om in situ vittrad berggrund, men stora



inslag av lokalt material kan även finnas i moränmaterial (s. 96).

Enligt Embleton & King (1971) utgörs blockhav av ackumulation av grövre material på horisontella till måttligt sluttande markområden i anslutning till fjälltoppar. Materialet består huvudsakligen av in situ vittrad berggrund, där kantigheten hos fraktionerna i stort beror på bergarten. Blockhavsmaterialet kan ibland vara "misleading round", vilket ger intryck av en mycket stenig morän. Författarna menar att ett blockhav relativt opåverkat kan överleva ett istäcke och att riktningsanalyser kan vara en metod att avgöra om blockhavet varit nedisat.

Flint (1971, s. 271-273) använder termen "block field" endast i samband med frostvittring.

Strömquist (1973), som genomfört en omfattande blockhavs- och blockfälts- (se nedan) studie i norra Skandinavien definierar (s. 49) "... blockhav som de områden inom högfjällen där markytan till mer än eller lika med 50 % täcks av lokalt vittringsmaterial och där berggrunden samtidigt uppvisar en tydlig vittringspåverkan ...". Något exakt krav på in situ läge av vittringsmaterialet ställs inte. Motsvarande former utanför högfjällsmiljön har författaren valt att beteckna "blockfält". Blockhaven inom de presenterade undersökningsområdena ligger på alltifrån horisontell till stupande (upp till över 35°) mark, där olika transportmekanismer och formelement urskiljes beroende på gradienten.

Washburn (1973, s. 191-194 och 1979, s. 219-223) låter termen "block field" representera horisontella till maximalt 10° stupande markytor täckta till över 50 % av medelstora till stora kantiga block, huvudsakligen frostsprängda från berggrunden. Överstiger den blockiga markytans stupning 10°, användes termen "block slope".

White (1976, s. 77) skriver angående blockhavstermens definition: "Block fields and block slopes, in polar and alpine regions, are thin accumulations of angular to sub-rounded blocks, on bedrock, weathered rock, or transported debris." Definitionen är geomorfologisk och avser endast själva blocktäcket. Författaren skriver vidare i samband med diskussion rörande blockhavens genes (s. 93): "Is it asking too much, then, to assume in the origin of all block fields and block streams a sequence of manufacture of blocky material by weathering and/or periglacial action, movement by solifluction or gelifluction, creation of texture indicating motion, and removal of interstitial mat-

rix?"

Ovanstående litteraturexempel demonstrerar att termen blockhav inte är entydigt definierad och hur tolkningen varierar mellan olika artikel- och handboks författare. Tvetydigheten består i att blockhavens geomorfologi och genes knyts samman samtidigt som genesen begränsas i olika utsträckning.

Det enklaste blockhavsfallet utgöres av block och sten av mycket lokal karaktär direkt på en bärgrundsytta, där materialet tveklöst härrör från underliggande berggrund och

|                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Blockhav bildade enbart genom in situ vittring av den lokala berggrunden (autoktona blockhav)                                             | Blockhav bildade genom in situ vittring av den lokala berggrunden eller genom frostsortering av morän (autoktona eller alloktona blockhav)                                                                                                                                    |
| Svenonius (1909)<br>E. Dahl (1949)<br>Fairbridge (1968)<br>Embleton & King (1971)<br>Flint (1971)<br>Strömquist (1973)<br>Washburn (1973) | Högbom (1909, 1914 och 1926)<br>Ives (1957 och 1958)<br>J. Lundquist (1958 och 1962)<br>Rapp & Rudberg (1960)<br>E. Dahl (1961)<br>Løken (1962)<br>Markgren (1962)<br>R. Dahl (1963 och 1966)<br>Svensson (1967)<br>Caine (1968)<br>Rudberg (1970 b och 1977)<br>White (1976) |

Figur 3:1. Sammanställning av några författares definitioner av blockhavstermen. Vid utbildning av blockhav genom enbart in situ vittring, underförstås även frostsortering av vittringsmaterialet. Översikten visar att innebörden av termen blockhav inte är entydig. Den högra tabellen innehåller flera författarnamn än den vänstra, vilket dock inte skall tolkas så, att den definition de representerar nödvändigtvis är vanligast.

*Compilation of some authors' definitions of the term block field.*

*Left column: Block fields formed only through weathering in situ of the local bedrock (autochthonous block fields). Right column: Block fields formed through weathering in situ of the local bedrock or through frost sorting of till (autochthonous or allochthonous block fields). When block fields are formed only through weathering in situ, frost sorting of the material is also implied. The Table shows that the meaning of the term block field is not obvious. There are more authors named in the right column compared with the left one, which should not, however, be interpreted in such a way that their definition is necessarily most frequently used.*

finmaterial saknas. Block och sten ger intrycket av att åter kunna pusslas ihop till en ursprunglig berggrundsytta. Blockhavets genes framstår här som uppenbar.

Ett blockhav, som innehåller finmaterial är mera komplicerat vad avser ursprunget. White (op. cit.) ser att block och sten, med eventuell kortare transport, har sitt ursprung i underliggande berg- eller jordart, medan andra författare enligt ovan anser själva sorteringsmekanismen underförstådd och med blockhavsgenes avser ursprunget på den jordart ur vilken block och sten sorterats med en ytlig ackumulation som följd. Tvetydigheten (jfr ovan) i blockhavsdefinitionen ligger här i att genesen av den jordart ur vilken sten och block härstammar, på olika sätt begränsas.

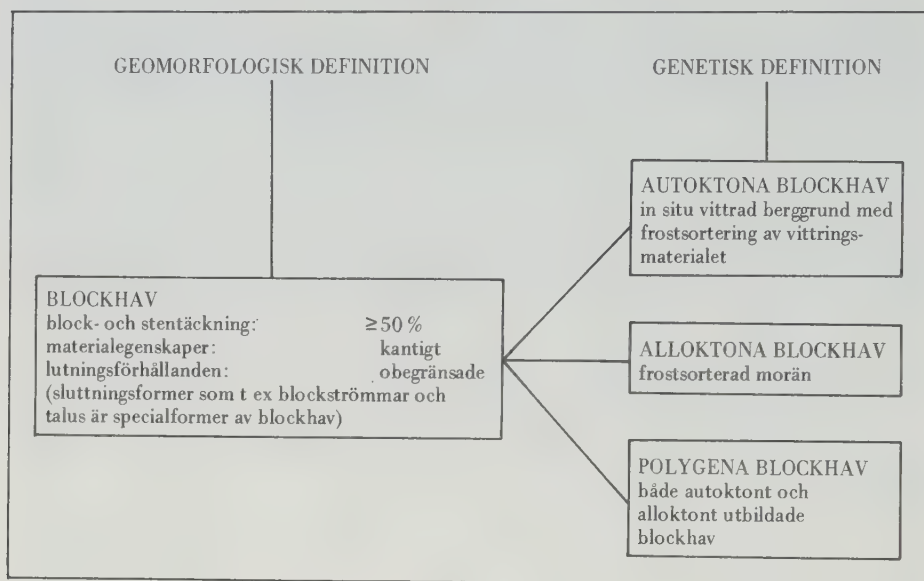
Bland ovanstående litteraturexempel kan två åsikter rörande definitionen av blockhav urskiljas (fig. 3:1). Den ena begränsar termen till att endast gälla bildningar uppkomna genom in situ vittring av den lokala berggrunden medan den andra också kan inrymma frostsortering av även andra jordarter än vittringsjordar. Slående är att den förra begränsade definitionen så ofta kommer till uttryck i handböcker.

### 3.2.2 Författarnas definition av termen blockhav

Författarna till föreliggande arbete är att den åsikten, att geomorfologisk och genetisk definition skall hållas isär (fig. 3:2). Termen blockhav skall geomorfologiskt kunna appliceras på all mark, oavsett lutning, som till 50 % eller mer täcks av kantiga block och stenar. Blockmaterial i lutande terräng bildar former som blockströmmar och talus, vilka anses som specialformer inom blockhaven. Förbehållet att block och stenar skall vara kantiga är

angivet för att från blockhavsdefinitionen utesluta t.ex. klapperfält och fluvialt frampreparerade blockiga och stengiga ytor i anslutning till bäck- och älvfåror. Kan blockhavens genes avgöras, användes beteckningarna autoktona respektive alloktona blockhav. Jämför bl.a. Högbom (1926), Ives (1958), Rapp & Rudberg (1960), E. Dahl (1961), J. Lundquist (1962), Markgren (1962), Svensson (1967), Caine (1968) och Rudberg (1970 b och 1977).

De exogena krafterna i naturlandskapet verkar sällan ensamma och de exogent bildade landformerna är därför oftast ett resultat av flera olika processer i samspel.



Figur 3:2. Figuren visar hur termen blockhav definieras i detta arbete, jämför t.e.x. Högbom (1926), Ives (1958), Rapp och Rudberg (1960), E. Dahl (1961), J. Lundquist (1962), Markgren (1962), Svensson (1967), Caine (1968) och Rudberg (1970 b och 1977).

*The Figure illustrates how the term block field is defined by the present authors, cf. Högbom (1926), Ives (1958), Rapp and Rudberg (1960), E. Dahl (1961), J. Lundquist (1962), Markgren (1962), Svensson (1967), Caine (1968) and Rudberg (1970 b and 1977).*

*Left column: The term block field is defined geomorphologically and is applied to all areas, independent of the gradient, where the surface is, to fifty percent or more, covered with angular blocks and stones. Slope forms such as block streams and talus are considered as special forms of block fields.*

*Right column: The term block field is defined genetically. Autochthonous block fields are bedrock weathered in situ with frost sorting of the material. Allochthonous block fields are frost sorted till. Polygenetic block fields are formed both autochthonously and allochthonously.*

Detta resonemang kan i allra högsta grad tillämpas på blockhav, så att ett blockhav kan vara både autoktont och alloktont. Den av Markgren (op. cit.) använda termen "polygena blockfält" brukas här fortsättningsvis om sådana blockhav med den förändringen att "blockfält" bytes mot blockhav.

Litteratursammanställningar, rörande blockhavstermens definition, har tidigare presenterats av bl.a. Caine (1968), Strömquist (1973) och White (1976).



### 3.2.3 Processer

Viktiga vittrings- och frostmarksprocesser har sammanställts i figur 3:3. Blockhavsbildning är en form av jordartsbildning och de faktorer, som påverkar jordartsbildning kan enligt Brunsden (1979, s. 73) sammanfattas med formeln  $j = f(k, r, m, o, t)$ , där  $j$  (jordartens egenskaper) är den beroende variabeln och faktorerna  $k$  (klimat),  $r$  (topografi),  $m$  (material),  $o$  (organismer) och  $t$  (tiden) är de oberoende variablerna. Formeln tillämpas i samband med jordmånsbildning men brukas av författaren (op. cit.) i vittringssammanhang.

För att bilda en jordart åtgår energi, d.v.s. de jordartsbildande processerna kräver energi. Energittillförseln är huvudsakligen beroende av klimatet, som i sin tur påverkas av bl.a. topografin. Hur processerna verkar, beror på klimatet, materialet och tiden, som står till förfogande. Även organismer, där människan räknas in, kan enligt Bruns-

| MEKANISK VITTRING                                                                                                     | KEMISK VITTRING                                                                                                    | FROSTMARKSPROCESSER                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| frostsprängning<br>hydratiseringssprängning<br>rotsprängning<br>saltsprängning<br>solsprängning (insolationsvittring) | karbonatisering<br>kemisk lösning<br>hydrolys<br>hydratisering<br>fixation<br>kelatering<br>oxidation<br>reduktion | frosthävning<br>frost thrust<br>uppfrysning<br>frostsortering<br>pipkrakebildning |

Figur 3:3. Sammanfattning av viktiga vittrings- och frostmarksprocesser (jfr bl.a. Büdel 1977, Embleton & Thornes 1979, French 1976 och Washburn 1979). Beträffande Varanger-blockhavens bildning, anses i föreliggande arbete frostvittrings- och frostmarksprocesser i samband med en tidig isavsmältning vara av fundamental betydelse för den nuvarande utformningen.

*Compilation of some important weathering and frost processes (cf. a.o. Büdel 1977, Embleton & Thornes 1979, French 1976 and Washburn 1979). Frost action processes in connection with early deglaciation are of fundamental importance for the recent distribution of block fields on the Varanger Peninsula.*

*Left column: MECHANICAL WEATHERING: frost shattering, hydration shattering, root pressure, salt weathering, insolation weathering.*

*Middle column: CHEMICAL WEATHERING: carbonation, solution, hydrolysis, hydration, fixation, chelation, oxidation, reduction.*

*Right column: FROST PROCESSES: frost heave, frost thrust, upfreezing, frost sorting, pipkrake.*

den (op. cit.) påverka jordartsbildning.

De mekaniska vittringsprocesserna har sedan lång tid ansetts mest betydande vid blockhavsbildning (Penck 1894 och Högbom 1909). Den kemiska vittringen har däremot tillmätts liten betydelse i kalla klimat.

I samband med Davis (1899) presentation av den geografiska cykeln, aktualiserades att olika former i naturen är relaterade till det klimat, som de är bildade under. Många författare har sedan dess arbetat med detta som utgångspunkt (jfr översikt av Peltier 1950, s. 214-216). Svårigheten har varit, och är fortfarande, att kvantifiera olika processer, som under olika klimat har bildat olika landformer i skilda material.

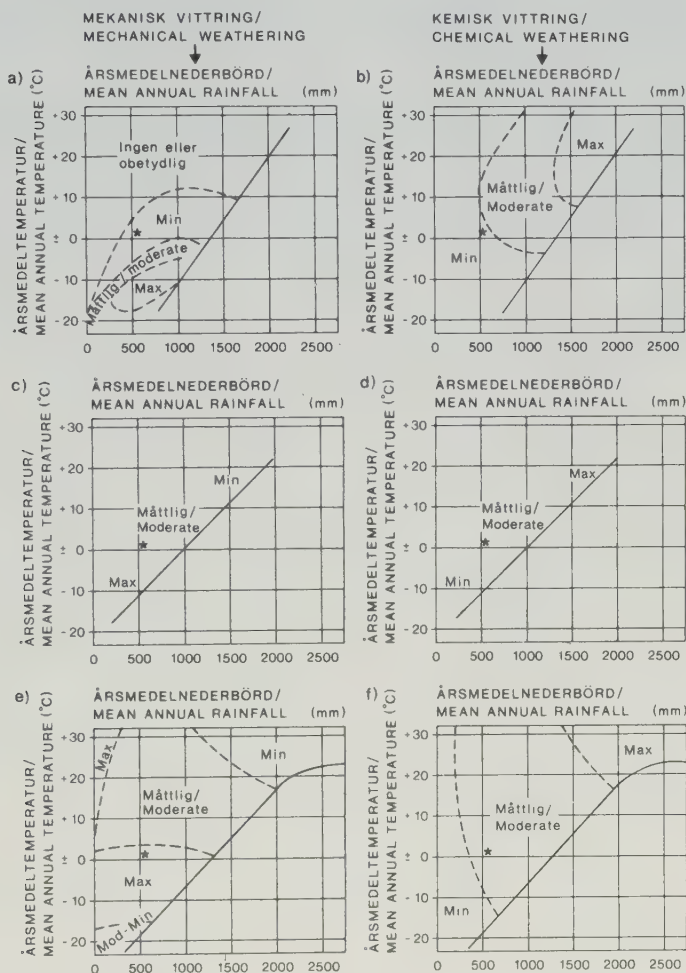
Peltier (1950, s. 219) har åskådliggjort förhållandet klimat/vittring grafiskt och begränsar därvid klimatparametrarna att gälla årsmedelnederbörd från ett antal representativa stationer (fig. 3:4, a och b). Författaren kommenterar diagrammen enligt följande (s. 217): "Because, as has already been explained, accurate means of measuring and comparing these processes are not available, these graphs represent merely a diagrammatic exposition of a concept and are necessarily a reflection of the author's reading and thought. Inevitably the ideas of others have been used ...".

Leopold et al. (1964, s. 42) presenterar diagram (fig. 3:4 c och d) på liknande sätt och skriver (s. 41): "The absolute values developed in such a scheme are subject to great error ... the rationale of such a classification provides a useful framework."

Wilson (1968) har försökt generalisera förhållandet klimat/geomorfologiska processer i enlighet med författarna ovan (fig. 3:4 e och f) och kommenterar (s. 722): "When considering these relationships, it is important to remember that they are extremely qualitative, based on a minimum of actual data, subjective, and idealized for a landscape of moderate relief underlain by rocks such as shale or granite, and relatively devoid of tectonic influence."

Ovanstående sammanställning och figur (3:4) åskådliggör uppfattningen, att den mekaniska vittringen i periglaciala klimat är stark relativt den kemiska. Varangerhalvön har lagts in i samtliga sex diagram (fig. 3:4 a-f) med avseende på årsmedeltemperatur och årsmedelnederbörd. Vid jämförelser av vittringsintensiteten på Varangerhalvön i de olika diagrammen, uppträder klara skillnader. Dessa skillnader speglar svårigheten att generalisera vittringsintensiteten

i förhållande till grova klimatparametrar.



Figur 3:4 a-f. Sammanställning av diagram, som visar hypotetiska samband mellan vittringsprocesser och klimatparametrar. Med utgångspunkt från de båda klimatparametrarna är Varangerhalvön markerad med asterisk. a) och b) är omritade efter Peltier (1950, s. 219), c) och d) efter Leopold et al. (1964, s. 42) och e) och f) efter Wilson (1968, s. 722). Jämför även Brunsden (1979, s. 78).

Compilation of diagrams illustrating hypothetical relationships between weathering processes and climatic parameters. On the basis of the two climatic parameters the Varanger Peninsula is marked with an asterisk. a) and b) are redrawn after Peltier (1950, p. 219), c) and d) after Leopold et al. (1964, p. 42) and e) and f) after Wilson (1968, p. 722). In addition cf. Brunsden (1979, p. 78).

### 3.2.3.1 Mekanisk vittring

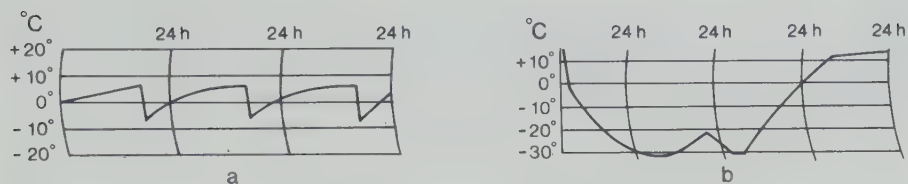
Frostsprängning har länge ansetts som den viktigaste processen vid mekanisk vittring i periglaciala klimat (jfr Washburn 1979, s. 73-79).

När vatten fryser till is sker en volymökning på ca 9 %. Denna volymökning orsakar vid frysning i ett slutet utrymme en tryckpåkänning av 2 115 kg/cm<sup>2</sup> vid -22°C (Washburn 1979, s. 73). Detta maximala tryck kan teoretiskt uppnås, när en bergart snabbt avkyles uppifrån, så att vattenfyllda sprickor, porer och andra kaviteter snabbt blockeras av nybildade iskristaller. I praktiken reduceras det teoretiska maximala trycket avsevärt av bl.a. luftbubblor i den nybildade isen och luftfyllda porer i bergarten. Washburn (1979, s. 73) anger en praktisk tryckpåkänning till storleksordningen 250 kg/cm<sup>2</sup> medan French (1976, s. 39) anger motsvarande siffra till 14-100 kg/cm<sup>2</sup>. Potts (1970, s. 109-110) skriver att "...the actual pressures developed by freezing of water in rocks are considerably less than the theoretical maximum, but may still be of sufficient magnitude to shatter many rocks". Vatten kan under vissa förhållanden underkylas och vid laboratorieexperiment har det varit möjligt att kyla vatten till -78°C innan frysning skett (Potts 1970, s. 110). Frostsprängning kan, förutom den sprängverkan, som orsakas av vattnets volymökning vid frysning, även orsakas av den direkta tillväxten av iskristaller. När vattnet i porer och fickor börjar frysa, attraheras vattenmolekyler från omgivande porer med underkylt vatten och iskristallerna kommer att växa till. "Several authors, notably S. Taber (1943), have suggested that ice-crystal growth is a more potent shattering agent during the freezing process than the change in volume which occurs during the change of state" (Potts 1970, s. 110).

Laboratorieexperiment för att påvisa och kvantifiera frostsprängning som funktion av klimatförhållanden, berggrundsmaterial och tid, har utförts av bl.a. Tricart (1956), Wiman (1963), Martini (1967), Potts (1970) och Lautridou (1971).

Tricart (1956), som huvudsakligen arbetat med olika lokala franska kalkstenar, urskiljer två olika klimatcykler när det gäller frostsprängning (fig. 3:5 a och b). "Dans la très grande variété des climats naturels, nous avons retenu provisoirement deux types: Islande et Sibérie, que nous nous sommes efforcés de réaliser avec le maximum de fidélité" (Tricart 1956, s. 291).





Figur 3:5. Termogrammen visar de båda temperaturcykler, isländska (a) och sibiriska (b), som Tricart (1956) urskilt och använt i samband med experimentella frostvittringsstudier i laboratorium. Efter Tricart (1956, s. 291).

*Graphs of the two temperature cycles, Icelandic (a) and Siberian (b), distinguished and used in connection with experimental frostweathering studies by Tricart (1956). After Tricart (1956, p. 291).*

Den isländska cykeln har i Tricart's (1956) experiment en period, som varierar mellan 19 tim. 45 min. - 21 tim., en temperaturamplitud på  $-7^{\circ}$  till  $+6^{\circ}\text{C}$  (fig. 3:5 a) och en relativ fuktighet på ca 70 %. Frystiden, vilken avser tiden för temperatur under  $0^{\circ}\text{C}$ , varierar mellan 7 och 9 timmar. Dessa förhållanden anses av Martini (1967, s. 148) ligga nära verkliga förhållanden med 40 perioder per år.

Den sibiriska cykeln ges i Tricarts (1956) experiment en period på tre dagar, med en frysperiod på 20-40 tim. och en töperiod på 20-30 tim. Temperaturamplituden varierade något, men hade temperaturminima på  $-20^{\circ}\text{C}$  till  $-30^{\circ}\text{C}$  och temperaturmaxima på  $+10^{\circ}\text{C}$  till  $+15^{\circ}\text{C}$  (fig. 3:5 b).

De båda temperaturcyklerna avses spegla maritima respektive kontinentala förhållanden och har använts av Wiman (1963), Potts (1970) och Lautridou (1971) medan Martini (1967) endast använt den isländska cykeln. Samtliga författare har dock förändrat något på period och temperaturamplitud i förhållande till Tricart (1956). Den sistnämnda har arbetat med 25 islandscykler och 8 sibirien-cykler, Wiman (1963) med 36 respektive 9, Potts (1970) med 200 respektive 100 och Lautridou (1971) med 300 av vardera. Martinis prover genomgick isländska frostcykler.

Dessa författare har även försökt utröna, i vilken utsträckning tillgången på vatten kan påverka frostsprängning. Tricart (1956) experimenterade med tre olika fuktighetsförhållanden så, att av tre prover från samma bergart placerades ett så att det till minst hälften helt var dränkt av vatten (våt miljö), ett försågs med ett lager av jord, som hölls fuktig (fuktig miljö) medan ett endast påverkades av omgivande luftfuktighet (torr miljö). Wiman (1963) uteslöt den fuktiga miljön medan den våta respektive torra miljön bibehölls i enlighet med Tricart (1956). Ingen

av de båda författarna erhöill någon mätbar vittring i torr miljö vilket påverkade Martini (1967) och Potts (1970) att endast arbeta med fuktiga och våta vittringsmiljöer.

Av de faktorer, som påverkar frostsprängningsintensiteten är, förutom temperaturfluktuationer, fuktighetsförhållanden och tiden, materialfaktorn av betydelse. Tricart (1956) och Lautridou (1971) arbetade huvudsakligen med kalkstenar medan Wiman (1963), Martini (1967) och Potts (1970) även arbetade med andra bergarter som t.ex. gnejser, graniter, konglomerater, kvartsiter, sandstenar och skiffrar.

Det kan vara svårt att jämföra de olika författarnas resultat beroende på skillnader i experimentens utförande men framför allt på grund av olikheter i använt berggrundsmaterial. Några generella noteringar kan dock göras med ledning av presenterade resultat. Wiman (op. cit., s. 116) konstaterar tvärtemot Tricart (op. cit., s. 298), att vittringspåverkan är större under isländska förhållanden än under sibiriska. Wimans (op. cit.) resultat stöds av Potts (1970). Den sistnämnde anser (s. 114) på basis av dels egna och andras experimentella studier, dels litteratur rörande fältobservationer, att indikationer finns på att antalet frostcykler är den viktigaste faktorn jämfört med frysintensiteten. Lautridou (1971) är av samma uppfattning. Potts (op. cit., s. 114) skriver: "In most cases the percentage weathered from corresponding specimens after 100 cycles was similar under both temperature regimes." Martini (op. cit.) inskränkte sina experiment till att endast omfatta isländska cykler. Med ledning av vad som ovan anförts, och på grundval av Varangerhalvöns maritima belägenhet, kommer

fortsättningsvis endast resultat erhållna i samband med experiment under isländska förhållanden att diskuteras.

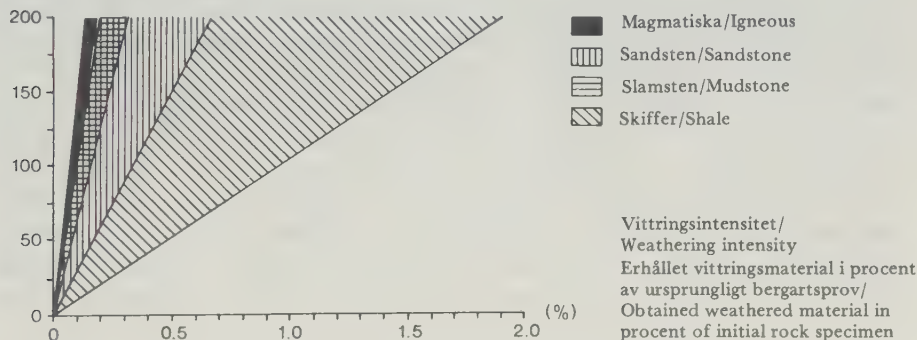
De prover, som genomgått frostcyklerna i våta miljöer uppvisar vid experimentens avslutande i flertalet fall högre vittringspåverkan jämfört med prover från fuktiga miljöer. Torra miljöer ger ingen mätbar vittring. Dessa påståenden gäller samtliga ovan refererade författare.

Angående vittringspåverkan, uttryckes denna i viktsprocent vittrat material av det ursprungliga bergartsprovet. Vittringsintensiteten uttryckes i vittringspåverkan i förhållande till antalet genomgångna frostcykler.

Med utgångspunkt från vad som ovan anförts angående antalet frostcyklers respektive vattnets betydelse för frostsprängning, bör skillnad i vittringspåverkan respektive vittringsintensitet mellan två bergartsprover, exponerade för lika antal frostcykler under samma fuktighetsförhållan-

den, bero på skillnader mellan bergartsproverna. "The rock type is probably the most important factor which affects the rate of weathering under freeze-thaw conditions" (Potts 1970, s. 114). Samma författare har, inom ramen för de egna undersökningarna, i diagramform sammanställt vittringsintensiteten för några olika bergartstyper (fig. 3:6). Av sammanställningen framgår, att bland de fyra utvalda bergartsproverna är skiffern mest utsatt vad gäller frostsprängning medan magmatiska bergarter är mera resistent. Slamstenar och sandstenar intar en mellanställning. Någon statistisk jämförelse mellan dessa uppgifter och andra experimentellt erhållna resultat har inte kunnat utföras p.g.a. otillräckligt underlagsmaterial. Vittringsintensiteten för respektive bergart i diagrammet är bestämd var 25:e dygn och inom ramen för de 200 redovisade frostcyklerna, är sambandet mellan erhållet vittringsmaterial och antalet frostcykler linjärt.

Antal isländska temp.cykler/  
Number of Icelandic cycles



Figur 3:6. Diagrammet visar vittringsintensitet respektive vittringszoner för några olika bergarter. Sammanställningen är utförd av Potts (1970) och baseras på resultat från experimentella frostsprängningsstudier. Efter Potts (1970, s. 117).

*Graph, indicating zones of shattering related to rock type, based on results of experimental frost shattering studies. After Potts (1970, p. 117).*

Egenskaper, som påverkar känsligheten för frostsprängning hos olika bergarter är bl.a. textur, struktur, matrix, sprickfördelning, sprickstorlek, porositet och vattenhållande förmåga. Potts (1970, s. 117-118) har inte kunnat påvisa någon godtagbar korrelation vad avser porositet och vittringsintensitet. White (1976), som sammanfattar arbeten utförda av Mellor (1970) respektive Dunn & Hudec (1965),

erfar dock att sandsten och kalksten endast adsorberar 5-7 % av den totala vattenmängd, som med hänsyn till porutrymmena teoretiskt skulle rymmas i bergarten. Motsvarande siffra för granit och skiffer är 45 % respektive 90 %. Det föreligger enligt White (1976), ett starkt samband mellan mängden adsorberat vatten för en bergart och vittringsintensiteten i periglacial miljö.

Resultat, i form av kornstorleksdiagram över vittringsprodukter från ovan refererade experiment, presenteras i figur (3:36 a-e). Se även figur 3:35 b-d. Diagrammen har kompletterats, dels med kurvor från egna utförda frysexperiment på berggrundsmaterial från Varangerhalvön (kap. 3.4.2.3, 3.4.3.4 och 3.4.4.2), dels med en fraktionskurva efter Niini (1967, s. 35) över material erhållet genom mekanisk sönderkrossning av kvartsit. Endast kurvor över vittringsprodukter från bergartstyper som kan antas överensstämma med de på Varangerhalvön förekommande har medtagits.

Allmänt skall noteras, att Tricart (1956), Wiman (1963) och Potts (1970) i genomsnitt endast har erhållit en jämförelsevis liten mängd vittringsprodukter med en kornstorlek understigande 0,06 mm. Martini (1967) redovisar en något större mängd. Dessa förhållanden speglas inte av kornstorleksdiagrammen i figur (3:36 a-e) p.g.a. urvalet bergartstyper.

French (1976, s. 39) kommenterar den förhållandevis lilla mängden siltigt material enligt följande: "If substantiated by other studies, this would indicate that processes other than frost action are responsible for the production of silt and clay particles in periglacial regions."

I samband med mekaniska vittringsprocesser skall, förutom frostsprängning, även sprängverkan i samband med hydratiseringsprocesser kort kommenteras.

Processen bygger i korthet på vattenmolekylens dipolära karaktär och dess adsorption till olika silikatmineral vilket enligt White (1976 a, s. 3) i bergarter, kan generera tryckpåkänningar fullt jämförbara med de, som orsakar traditionell frostsprängning.

Termen "Hydratationssprengung" infördes ursprungligen på tyska av Wilhelmy (1958, s. 52). Den enda svenska term, motsvarande tyskans "Hydratation" och engelskans "hydration", som kunnat återfinnas använd i geomorfologiska sammanhang, är den av Markgren (1962, s. 5) använda "hydratation". I kemiska sammanhang är dock hydratisering den riktiga benämningen och den tyska termen "Hydratations-



sprengung" (eng. "hydration shattering") bör på svenska anges med hydratiseringssprängning analogt med frostsprängning.

Hydratiseringsprocesser i vittringssammanhang diskuterades redan (1894, s. 218) av Penck och har sedan dess uppmärksamats av en rad författare, bl.a. Goldich (1938), Wilhelmy (1958), Markgren (1962), Bloom (1969), Chorley (1969), Pitty (1971), Sparks (1971), Hudec (1973 a och b), White (1976 a och b), Washburn (1973 och 1979) och Hall (1980).

Även om bl.a. White (1976 a och b) ifrågasätter frostsprängningens betydelse som periglacial vittringsprocess genom att t.ex. ställa den provokativa frågan (1976 a, s. 1), "Is frost action really only hydration shattering?", går det inte att bortse från att blockhav är karaktäristiska formelement i arktiska och subarktiska miljöer. Washburn (1979, s. 74) skriver: "However, the fact that such accumulations of large angular rock debris are characteristic of low-temperature alpine and polar environments argues strongly for an origin by frost wedging and clearly puts the burden of proof on those who would claim otherwise."

Till mekaniska vittringsprocesser räknas också rotsprängning, saltsprängning och solsprängning (insolationsvittring).

På basis av föreliggande geomorfologiska undersökning av Varangerhalvöns blockhav, finns ingen anledning att tvivla på att de i sin nuvarande utformning huvudsakligen är bildade genom frostrelaterade processers verkan (jfr kap. 3.4.3-3.4.5).

### 3.2.3.2 Kemisk vittring

Det faktum att reaktionshastigheten av olika kemiska processer bl.a. är temperaturberoende, så att reaktionshastigheten avtar med sjunkande temperatur, leder lätt till slutsatsen, att kemiska vittringsprocesser i periglaciala miljöer är försumbara jämfört med de mekaniska. Av tradition tillskrives de kemiska vittringsprocesserna liten betydelse i kalla klimat.

Dock visar bl.a. Rapp (1960, s. 165-168) genom vattenanalyser, att den kemiska denudationen i Kärkevagge i norra Sverige är den kvantitativt viktigaste sluttningsprocessen där och motsvarar en genomsnittlig landdegradation, omräknat till fast berg, på 0,01 mm/år. Helldén (1974, s. 149)

har, i sitt avhandlingsarbete rörande karst, utfört jämförande studier mellan kartsområden på Artfjället i Västerbottens fjällvärld, i Tjeckoslovakien och på Spetsbergen med särskild hänsyn till de kemiska processernas intensitet och verkan i olika klimatmiljöer. "De kemiska analysresultaten från de tre undersökningsområdena tyder på att temperaturfaktorns betydelse för förkarstningsintensiteten är av underordnad betydelse i jämförelse med rådande nederbörds- och avrinningsförhållanden.", (Helldén 1974, s. 149).

Blockhav utgör dock karaktäristiska formelement i just periglaciala områden. Washburn (1979, s. 78) understryker, att även om den mekaniska vittringens betydelse i form av frostvittring betonas i kalla miljöer, så bör inte detta undanskymma det faktum, att den kemiska vittringen kan vara signifikant. "Generally it is a question of relative importance with the dominance of physical weathering tending to mask chemical effects.", (Washburn 1979, s. 78). Caine (1974) och French (1976) ger uttryck för liknande tankegångar.

De viktigaste vittringsprocesserna (fig. 3:3) är enligt Brunsden (1979, s. 106) karbonatisering (eng. carbonation), kemisk lösning (eng. solution), hydrolys (eng. hydrolysis), hydratisering (eng. hydration), fixation (eng. fixation), kelatering (eng. chelation), oxidation (eng. oxidation) och reduktion (eng. reduction). Jämför även Chorley (1969, s. 53-73), Curtis (1976, s. 25-57), Dickerson & Geis (1976), Emmons et al. (1960, s. 126-145), Helldén (1974, s. 21-26), Holmes (1965, s. 393-401), Hägg (1963), Noe-Nygaard (1965, s. 130-144), Pitty (1971, s. 172-199), Sparks (1971) och Thornbury (1969, s. 34-67).

### 3.2.3.3 Frostmarksprocesser

Frostmarksprocesser är av vital betydelse vid utbildandet av alloktona blockhav, t.ex. blockhav utbildade i moränmaterial, och polygena sådana.

Dessa processer i jordar beror ytterst på tillväxt av porvattenis och islinser. Vatten migrerar mot redan befintliga iskristaller, där det fryser. Detta är grundprincipen för bildning av segregationsis (French 1976 och Washburn 1979). De viktigaste frostmarksprocesserna sammanfattas i figur 3:3.

Experiment rörande frostmarksprocesser, och därvid uppkomna landformer i lösa avlagringar, har utförts i labora-

torium och i fält av en rad författare och sammanfattningar är utförda av bl.a. Washburn (1973 och 1979) French (1976) och Embleton & Thornes (1979).

Corte (1966), som utfört experiment enligt ovan, har föreslagit (s. 234) en modell för frostsortering vid frysning uppifrån. De morfologiska effekterna beror enligt modellen på förändringar i ojämnhet i en jordartshorisont. Vid tjälning av en horisont, som inte uppvisar några förändringar i ojämnhet, vare sig vertikalt eller horisontellt, uppkommer vertikal sortering med utbildning av blockhav. Öar av finmaterial förekommer. Vid förändringar i ojämnhet, uppkommer volymförändringar, med både vertikal och lateral sortering som följd.

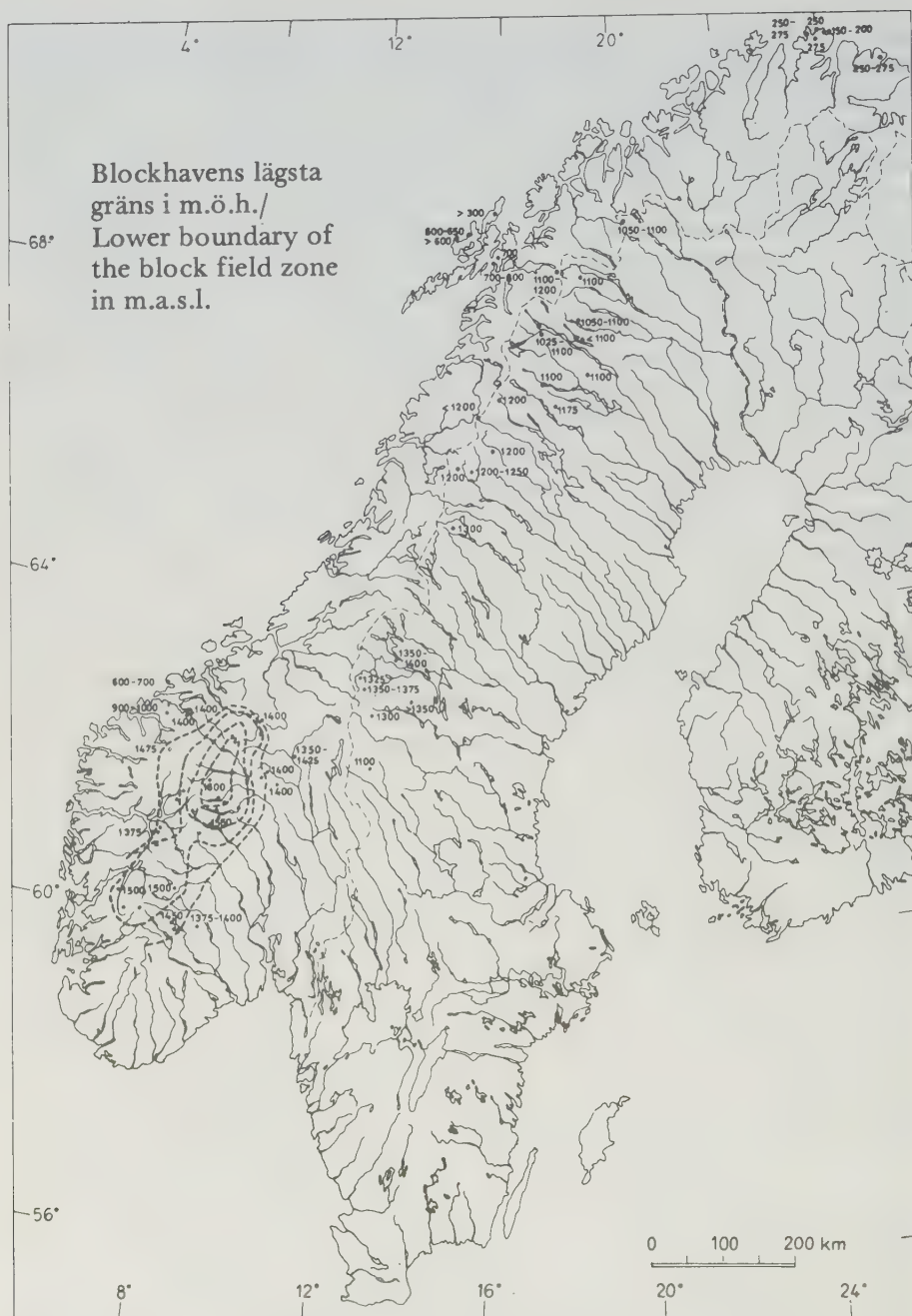
Vertikal frostsortering, med de grövsta fraktionerna närmast markytan, har bl.a. uppmärksammats av Beskow (1935), G. Lundqvist (1949 och 1951), Ohlson (1964) och Piirola (1969).

Frostmarksprocesser är av fundamental betydelse för utbildning av stora delar av Varangerhalvöns blockhav (jfr kap. 3.4.3-3.4.5).

#### 3.2.4 Blockhavens vertikala utbredning

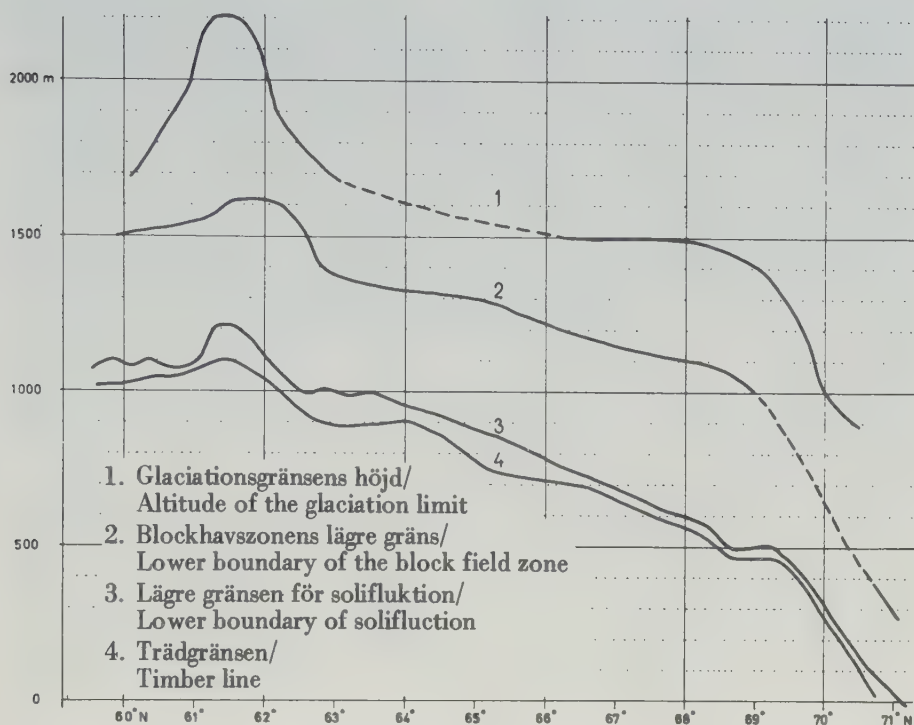
Blockhavens vertikala utbredning, och då speciellt deras nedre gräns, är en viktig faktor att ta hänsyn till i samband med bedömning av blockhavens genes och ålder. Genesdiskussionen är vidare intimt förknippad med glaciations- och deglaciationshypoteser och inte minst med frågan om eventuella isfria refugier.

Rudberg (1977) har, i samband med indelning av periglaciala formelement i höjdzoner inom Skandinavien, kritiskt sammanställt egna och andras observationer och synpunkter på blockhavsutbildning inom området, med hänsyn till sammansättning, genes, åldersförhållanden och vertikal utbredning. De nedre blockhavsgränserna inom Skandinavien presenteras (Rudberg 1977, s. 97) på ett överskådligt sätt i kartform (fig. 3:7). I Jotunheim - området i centrala Sydnorge, urskiljes en central region inom vilken lägsta blockhavsgränsen ligger högst i Skandinavien. Värdena sjunker i alla riktningar utifrån detta område. I nordligaste Norge sjunker nedre blockhavsgränsen snabbt i samband med ökande maritimitet. De lägsta värdena presenteras från Varangerhalvön (Rudberg 1977, s. 93, 97 och 101) och har rapporterats till författaren av Tolgensbakk (Oslo univer-



Figur 3:7. Blockhavszonens lägre gräns i Skandinavien enligt Rudberg (1977, s. 97). Angående siffrornas ursprung och tillförlitlighet hänvisas till författaren (op. cit.).  
"Lower boundary of the block field zone in Scandinavia." From Rudberg (1977, p. 97). Concerning origin and reliability of the figures, refer to the author (op. cit.).





Figur 3:8. Schematisk profil enligt Rudberg (1977, s. 101). Profilen följer grovt fjällkedjans vattendelare och visar förhållandet mellan valda höjdgränser.

*"Schematic profile through the mountain areas of Scandinavia, roughly centered around the main water divide, showing the relation between selected altitudinal boundaries." From Rudberg (1977, p. 101).*

sitet). Angående Varangerhalvön, kommer dessa värden att kompletteras och diskuteras i kapitlen 3.4.3-4.

Rudberg (1977, s. 101) kompletterar Skandinavienkartan (fig. 3:7) över de nedre blockhavsgrensarna med en nord-sydlig profil utvisande samma sak sammanställd med profiler utvisande glaciationsgränsen, lägsta gränsen för solifluktion och trädgränsen (fig. 3:8). Profilerna följer grovt fjällkedjans vattendelare och omfattar latitudintervallet  $N60^{\circ}$ - $N71^{\circ}$ , det vill grovt säga hela Norges nord-sydliga utsträckning.

Kurvorna är i stort sett parallella, med ett max-värde i södra centrala Norge och fallande värden mot norr och Barentshavet. Författaren (op. cit., s. 102) ser i detta en

spiegling av klimatvariationer i vid bemärkelse från kontinentalt till maritimt klimat. Lägsta blockhavsgrensens höjning mot söder kan, enligt Rudberg, eventuellt kopplas med det kontinentala klimatets relativt varmare somrar och med fuktvariationer beroende på förändringar i molnbasen längs profilen. Ytterligare en möjlighet (op. cit., s. 102) är att deglaciation av områden ovanför den lägsta trädgränsen inträffade mycket tidigt.

Ovanstående synpunkter är värdefulla i samband med blockhavsdiskussionen rörande Varangerhalvön (kap. 3.4.4).

Piirola (1969) rapporterar, från västra Inari i finska Lappland med ett utpräglat kontinentalt klimat, en nedre blockhavsgrens på 275-300 m.ö.h. där de lägsta partierna i terrängen ligger på 160-275 m.ö.h. och de högsta på ca 600 m.ö.h. Blockhaven i området är mest utbredda i höjdintervallet 475-525 m.ö.h.

Ohlson (1964, s. 108) rapporterar från ett undersökningsområde i nordvästligaste Finland endast höjmedelvärden för blockhaven, men av dessa att döma och med kännedom om undersökningsområdets höjdförhållanden (Enontekiös fjälltrakter), ligger blockhaven här högre än längre norrut mot Varangerhalvön. Detta gäller även de blockhav, som Piirola (se ovan) arbetat med.

### 3.2.5 Variationer i lavtäckning

Angående blockhavens status skriver Washburn (1979, s. 222): "Activity is commonly indicated by lack of lichens on the stones as opposed to their presence on stones in more stable locations in the same region. Active block accumulations probably also occur in subpolar and middle-latitude highlands but activity or stability is more difficult to prove."

Ives (1962) visar, i samband med glaciologiska och glacialmorfologiska arbeten på de nordliga centrala delarna av Baffin Island, att stora delar av undersökningsområdet, som nu är isfritt, har varit istäckt i relativt sen tid. Tunna inaktiva istäcken har ingen större geomorfologisk inverkan på landskapet och är efter avsmältning svåra att påvisa (Ives 1962, s. 197), en slutsats, som av samma författare anses vara viktig vid diskussion om eventuellt isfria refugieområden i samband med den senaste nedisningen.

Ives (1962) upptäcker i flygfotografier system av terrasser, som tolkas som strandlinjer till en, numera dränerad,

isdämd sjö. Sjön har inte existerat under senglacial tid utan är betydligt yngre. I samband med flygbildstolkningen av området, konstateras också att de nedanför strandlinjerna belägna ytorna i flygbilden uppvisar en ljusare gråton jämfört med omgivningen. Fälтарbeten visade att gråtonsskillnaderna berodde av skillnader i lavtäckning. Mätningar av Rhizocarpon geographicum visade, att medeldiametern på uppmätt lav var minst tre gånger större ovanför strandlinjerna än nedanför. På grundval av bl.a. lichenometri och jämförelser med andra undersökningar antas att sjön dränerats för 200-350 år sedan. Denna tidsperiod sammanfaller med lilla istiden.

Andrews et al. (1976) har utfört arbeten med huvudsyfte att konstruera kartor i skalan 1:500 000 över Baffin Island, utvisande utbredningen av lilla istidens snö- och istäcken, att användas i samband med datorsimulering av 1600-talets klimat inom undersökningsområdet. Arbetena grundar sig på indikationer att områden, som varit snö- och istäckta någon gång under de senaste 300 åren, uppvisar en lavbeklädnad, som är mindre (13 %) än för områden, som varit frilagda under motsvarande tidsperiod.

Områden med ringa lavbeklädnad kan i området karteras med hjälp av svart-vita flygfotografier, där områdena framstår i en ljusare gråton än omgivningen. Användningen av satellitbilder från Landsat-1 har testats och konstateras mycket användbara för ändamålet. Experiment visade att scener i skalan 1:1 000 000 från satellitens MSS-system var användbara. De största spektrala skillnaderna mellan områden med olika lavtäckning visades (Andrews 1976, s. 74-75) inom en av de infraröda kanalerna (kanal 6, 0,7-0,8  $\mu\text{m}$ ) och i den röda kanalen (kanal 5, 0,6-0,7  $\mu\text{m}$ ). Jämför även figurerna 3:16-18 och kapitel 3.4.2.1. "One of the advantages of using Landsat-1 imagery is the tremendous saving in time" ... Andrews et al. (1976, s. 80).

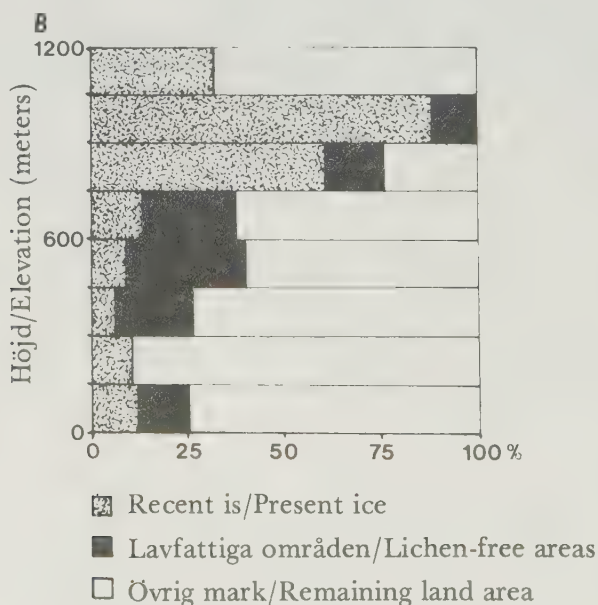
Locke & Locke (1977) har, över de nordliga centrala delarna av Baffin Island, i olika skalor utfört karteringar utvisande lavfattiga områden, vilka sätts i samband med utbredningen av lilla istidens snö- och istäcken. Författarna använder termen "lichen-free areas" men låter termen

vara ett relativt mått på lavbeklädnaden, så att lavfria områden antingen är helt fria från lav alternativt har individerna mycket liten diameter, eller att antalet individer är färre jämfört med lavtäckta områden. Scener från Landsat-1 användes i enlighet med Andrews et al. (1976, jfr

ovan), men de bästa resultaten erhålles här i den nära infraröda kanalen 7 (0,8-1,1  $\mu\text{m}$ ) och den röda kanalen 5 (0,6-0,7  $\mu\text{m}$ , jfr ovan).

De lavfattiga områdenas förekomst inom olika höjdsikt är något spridd, men ett maximum återfinnes på mellanhöga nivåer (fig. 3:9). Den mindre andelen lavfria områden på låga nivåer förklaras med, att lilla istidens snö- och istäcken förmodligen aldrig nådde lägre än 300 m.ö.h. och den mindre andelen lavfattiga områden inom de högsta partierna skulle bero på att de högsta topparnas morfologi inte är gynnsam för glaciärbildning. Av den totala landytan inom höjdsiktet 0-200 m.ö.h. utgör ca 12 % lavfattiga områden, men detta lämnas okommenterat.

Koerner (1980) presenterar ett arbete, som är starkt kritiskt till ovanstående hypotes, som säger att idag lavfattiga ytor motsvarar snö- och istäckta områden i samband med lilla istiden. Koerner (1980, s. 87) skriver: "There are inconsistencies in this hypothesis, particularly in



Figur 3:9. Diagram utvisande fördelningen mellan istäckta områden, lavfattiga områden och övrig mark inom olika höjdsikt på norra Baffin Island. Efter Locke & Locke (1977, s. 296).

*Graphs of the relationships between areas of present ice, lichen free areas and remaining land area within different altitudes on northern Baffin Island. After Locke & Locke (1977, p. 296).*



regard to the manner of lichen-kill, the mechanism of dead lichen removal once the previously ice-covered ground is exposed again, the period when the lichen-kill occurred, and the form of lichen trimlines."

Korner (1980) bevisföring kan sammanfattas enligt följande:

1. Varför växer det ingen lav idag inom lavfattiga områden? Om idag lavfattiga områden speglar lilla istidens snö- och istäckta områden, bör det vara underförstått, att dessa områden före lilla istiden haft samma lavtäckning, som de idag uppvisar. Av detta följer att laven idag borde återkolonisera i de lavfattiga områdena, så att förhållandena före lilla istiden återställs.
2. Under vilka yttre förhållanden kan lav överleva? Meningsskiljaktigheter föreligger i litteraturen rörande lavars möjligheter att överleva under is- och snötäcken. Exempel lämnas på levande lav, som exponerats i samband med avsmältning av glaciäris. Experiment stöder antagandet, att lav kan överleva viss tid under snö och is.
3. Hur försvinner den döda laven? Vegetationen kommer under ett istäcke att skyddas mot borttransport, så länge isen inte glider fram på sin underyta. Exempel ges på observationer, där till synes död mossa och lav smält fram vid isrecession och sedan åter vuxit till.
4. Varför är gränsen så skarp mellan lavfattiga och lavrika områden? Ett snö- eller istäcke tunnar ut i kanterna och här ges lavar större möjligheter att överleva. Andrews et al. (1976, s. 72) har på stora block observerat, att lav existerar uppe på blocken men inte under en viss nivå, trimline. Detta antas bero på att blocket stuckit upp genom snön. Koerner (1980, s. 90) ifrågasätter om lav verkligen kan dödas så, att en skarp gränslinje uppträder.
5. När dödades laven? Författaren (s. 90-91) kritiserar utförda dateringar, vilka lett till slutsatsen om utbredd lavdöd, om någon sådan existerat, under lilla istiden.

Koerner (1980, s. 91-92) anför en alternativ tolkning av de lavfattiga områdena. Han refererar undersökningar, som dels visar (Billings 1974) att snöfläckar, som smälter bort sent under töperioden, hämmar vegetationen och vid total bortsmältning visar en vegetationsfri markyta, dels visar (Flock 1978) exempel på kraftig lavbeväxning på vindpinade torra platser och liten eller ingen växning där snön ligger kvar länge. Koerner (s. 91-92) lägger fram argument baserade på egna och andras undersökningar, vilka visar att

de lavfattiga områdena snarare speglar recenta förhållanden än fossila. Områden där snön ligger kvar länge, undantagsvis hela töperioden, uppvisar sparsam lavtäckning. Koerner anser att det är obehövt att sätta likhetstecken mellan lavfattiga områden och lavdöd, eftersom lavvegetationen anpassar sig till rådande klimatförhållanden. Lav har helt enkelt aldrig i någon större omfattning växt inom idag lavfattiga ytor. Är ovanstående antagande riktigt, behövs heller inte någon förklaring till hur död lav försvinner. "If we associate lichen-free zones with persistent annual snowfields, lichen trimlines can be considered living and not relic features (Koerner 1980, s. 91).

Den ovan anförda diskussionen angående lavtäckning gäller inte specifikt för blockhav, men är av intresse inom Varangerhalvöns blockhav och de stora skillnader i lavtäckning som uppträder där (jfr kap. 3.4.3.7, 3.4.4.3 och 3.4.5).

### 3.2.6 Refugieproblemet

#### 3.2.6.1 Allmänt

Vad som anförs under denna rubrik är, inom ramen för detta arbete, inte en fullständig genomgång av hela problemkomplexet, utan en kort resume med syfte att visa Varangerhalvöns roll som hypotetisk refugielokal.

Angående begreppet isfria refugier skriver Mangerud (1973, s. 1-2): "Bymennesker idag kjenner vel først og fremst refuge som en trafikköy i travle gater, hvor de kan redde seg unna strømmen av biler. I vår forbindelse betyr imidlertid et refugium et tilholdsted for planter og dyr under istidene, altså ett isfritt område hvor de kunne redde seg unna strømmen av is ... refugieteoriene." Lindroth (1958, s. 134) formulerar problemkomplexet med två frågor, vilka väl speglar vad det ytterst handlar om:

1. "Kan Skandinaviens nuvarande växt- och djurvärld i sin helhet förklaras genom invandring utifrån (huvudsakligen från söder och öster) efter senaste nedisningens maximum?
2. Om inte så är fallet, vilka arter kan tänkas ha "övervintrat" inom Skandinaviens gränser och var har det skett?"

Gjaerevoll (1973, s. 135) går helt tillbaka till tiden för refugiediskussionens födelse för att definiera övervintringsteorin, i det han citerar Sernander (1896): "... att

af Nordens interglaciala flora till artantalet ingalunda obetydliga räser bevarats på en del norska fjäll, särskildt i Dovre, Nordlanden och Finnmarken, hvilka ej öfverskredos af den andra landisen."

Svensk naturvetenskap har i årsböckerna (1958) och (1959) i ett antal artiklar (Holtedahl & Rosenqvist 1958, Lindroth 1958, Nannfeldt 1958, Bergström 1959, Erdtman 1959 och Hoppe 1959 b) tagit upp problemet om glacial övervintring och Mangerud (1973) summerar diskussionerna genom tiderna fram till 1973.

Vid mitten av 1800-talet menade en del geovetare, att Skandinavien under sen geologisk tid varit helt täckt av is. Den s.k. tabula-rasa-teorien, som innebar att allt landlev i Skandinavien skulle varit obefintligt under istiden, var allmänt godtagen. En följd av detta var, att den nuvarande skandinaviska floran och faunan efter istidens slut måste ha invandrat från de tundralandskap, som under istiden funnits utanför isranden i Mellan- och Östeuropa. Blytt (1876 a och b, 1882) pekar dock på, att det i Skandinavien's fjällflora finns en rad amerikanska och grönländska arter, som i övrigt saknas i Europa. Blytt (1893) antog, att dessa arter måste ha invandrat över en landbro, numera försvunnen, i preglacial, interglacial eller glacial tid. Sernander (1896) ansåg att en del växtarter bör ha överlevt den senaste istiden inom isfria områden. Mangerud (1973, s. 2) skriver angående refugiediskussionens tidigaste historia: "... vil da betrakte disse to, nordmannen Axel Blytt og svensken Rutger Sernander, som fedrene til refugieteoriene, og derved som opphavsmenn til en snart hundre år lang diskusjon, eller kanskje jeg heller skulle si strid innen naturvidenskapene i Skandinavia."

Denna "strid" har i princip stått mellan botanister och zoologer å ena sidan, och geografer och kvartärgeologer å den andra. Biologerna har sett sig tvingade att finna övervintringsställen inom Skandinavien, för att förklara vissa växt- och djurarters nuvarande utbredning medan geovetarna inte kunnat acceptera sådana isfria refugier i avsaknad på tydliga bevis på isfrihet.

Det botaniska resonemanget har förts utifrån det faktum, att en rad sällsynta fjällväxter är koncentrerade till ett, ibland två, områden inom fjällkedjan. Platserna det gäller utgöres av områden omkring norra Jotunheimen-Dovre-Trollheimen och ett annat norr om polcirkeln (fig. 3:10). Det gäller västarktiska arter, som har sin huvudsakliga utbredning på andra sidan Atlanten, östarktiska arter (asiatiska)



Figur 3:10. Karta utvisande de båda centra i fjällkedjan som hyser sällsynta fjällväxter. Enligt Gjaerevoll (1973, s. 130).

*Map illustrating the two centres in the Scandinavian mountain range harbouring an alpine flora with rare species. From Gjaerevoll (1973, p. 130).*

med huvudsaklig utbredning i Ural eller längre österut och slutligen endemiska arter, d.v.s. arter, som bara finns inom ett isolerat område. De former, som växer inom båda huvudområdena i fjällkedjan (fig. 3:10) kallas bicentriska och återfinns de bara inom ett av områdena benämnes de unicentriska, sydliga eller nordliga. Växter av intresse för refugiediskussionen finns även utanför dessa båda cent-



ra. Hypotetiska isfria refugier antas ha funnits i huvudsak inom eller i anslutning till dessa båda centra, som visar arternas postglaciala utbredningsområde. Fakta till ovanstående botaniska summering är hämtade från Gjaerevoll (1973) och Mangerud (1973).

Angående den geovetenskapliga aspekten i diskussionen, urskiljer Mangerud (1973, s. 12-15) två huvudlinjer:

"1. Diskusjon av spesielle fenomener som skuringstriper, flyttblokker, forvitring, nunnatakk-topografi o.s.v., som da skulle vise at isen har dekket eller ikke dekket et spesielt område.

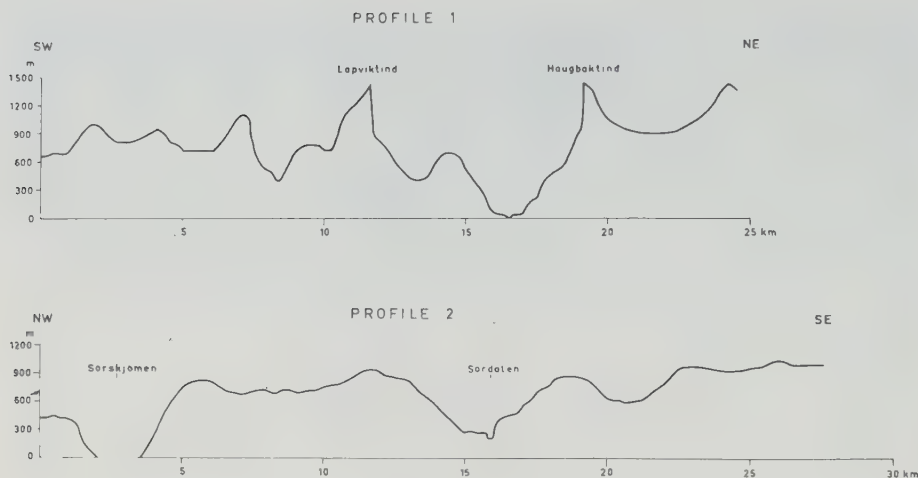
2. En mer regional vurdering av forløpet av siste istid." Angående isräfflor slår Mangerud fast, att de är ett entydigt bevis för att ett område har varit istäckt, men att det existerar en teoretisk möjlighet, att isräfflorna kan vara äldre än den senaste nedisningen (s. 13).

De intressantaste aspekterna på eventuell isfrihet i samband med åtminstone den senaste nedisningen, är i föreliggande arbete nunatakk-begreppet och förekomsten av olika blockhavstyper.

Nunatakk-begreppet, som i korthet innebär att högre fjälltoppar ovanför en lägre omgivning med mjukare topografi stuckit upp ur inlandsisen, har använts för att bestämma inlandsisens yta (jfr Holtedahl & Rosenqvist 1958, s. 11-112). Holtedahl (1953, s. 625) menar att "Med hensyn til "overvintringsteorien" så vil vel saerlig høytliggende nunatakk-partier ikke i noe tilfelle kunde komme i betraktning som tilholdsted for høyere planter under siste istid". Holtedahl & Rosenqvist (1958, s. 112) antyder svårigheter med att använda nunatakk-skulptur för fastställande av isytan beroende på svårigheter att fastställa om skulpturen härrör från ismaximum eller ens från den senaste nedisningen. Recenta processer har i en del fall säkert varit ansvariga vid utformningen av nunatakk-skulptur.

Hoppe (1959, s. 127-128) ser, med erfarenheter från Antarktis, svårigheter i att på geomorfologisk basis urskilja forna nunatakker.

R. Dahl (1963) visar, i ett arbete från Skjomen-området vid Ofotenfjorden i Nordnorge, exempel på förmodad nunatakk-skulptur på högre nivåer och mjukare, förmodad isslipad, topografi på lägre nivåer inom ett och samma område (fig. 3:11). Dessa geomorfologiska iakttagelser kompletteras med bl.a. noteringar rörande vittringsformer, blockhav, talusbildningar och erratika, och användes till en diskussion angående eventuellt isfria refugier.



Figur 3:11. Profiler utvisande skillnader i skulptur i fjäll på högre (profil 1, nunatakk-skulptur?) och lägre (profil 2, iseroderad?) nivåer i Skjomenområdet vid Ofotenfjorden i Nordnorge. Enligt R. Dahl (1963, s. 126).

*Profiles illustrating the difference in sculpture of mountains at higher (profile 1, nunatakk sculpture?) and lower (profile 2, ice eroded?) levels in the Skjomen district at the Ofotenfjorden in northern Norway. From R. Dahl (1963, p. 126).*

E. Dahl (1949, s. 242-244 och 1961, s. 88), förespråkare av refugieteorierna, urskiljer i norska fjälltrakter tre olika vittringstyper, vilka demonstreras med exempel från området inom och omkring Möre och Romsdal fylke i västligaste Norge:

1. En postglacial vittringstyp återfinnes i de lägsta fjällområdena och inne i fjordarna. Berggrunden uppvisar mycket låg vittringsgrad och bär välutbildade spår efter isrörelser.
2. En intermediär vittringstyp återfinns på något högre nivåer än ovanstående. Berget är här mera uppsprucket, jämfört med den postglaciala vittringstypen och isrörelsemärken är sällsynta. Däremot är flyttblock och moränmaterial rikligt förekommande.
3. Blockhavsvittring återfinns i de högsta fjällområdena. Vittringen går mycket djupt och det är i allmänhet omöjligt att bestämma strykning och stupning.

Gränsen mellan vittringstyperna går i höjddled att fastställa med en noggrannhet av tiotalet meter. Författaren (E. Dahl 1961, s. 88-89) antar att blockhavsvittringens nedre gräns motsvarar istäckets överyta under Weichsel.

Den grundläggande tanken i resonemanget är, att om isfria områden funnits, har dessa varit exponerade ovanför istäcket och följaktligen utsatts för en mera långvarig vitttring än omgivningen, som varit istäckt. Teoretiskt bör då en kraftigare vittringspåverkan och avsaknad av isslipning och erratika kunna förväntas.

R. Dahl (1963, s. 127) kan, i samband med arbetena i Skjomenområdet (se ovan), urskilja blockhavsvittring i högre liggande partier i enlighet med E. Dahl (1961) men är, med ledning av egna klimatologiska mätningar och iakttagelser, av den åsikten att det med hjälp av meteorologiska data bör gå att påvisa att denna blockhavsvittring fortfarande pågår, och att den nedre blockhavsgränsen är en klimatgräns.

Ives (1958) och Löken (1962) har vid arbeten på nordöstra Labrador-Ungavahalvön bl.a. nyttjat autoktona blockhav som indikator på isfrihet under senaste nedisningen, men Ives (1958, s. 30) kommenterar med syftning på metoden: "The presence of frostshattered rock throughout large areas of the Canadian Arctic which have almost certainly been covered by ice sheets during the final glaciation seems to deny the possibility of wide application of this method." Jämför även Ives (1974, s. 624).

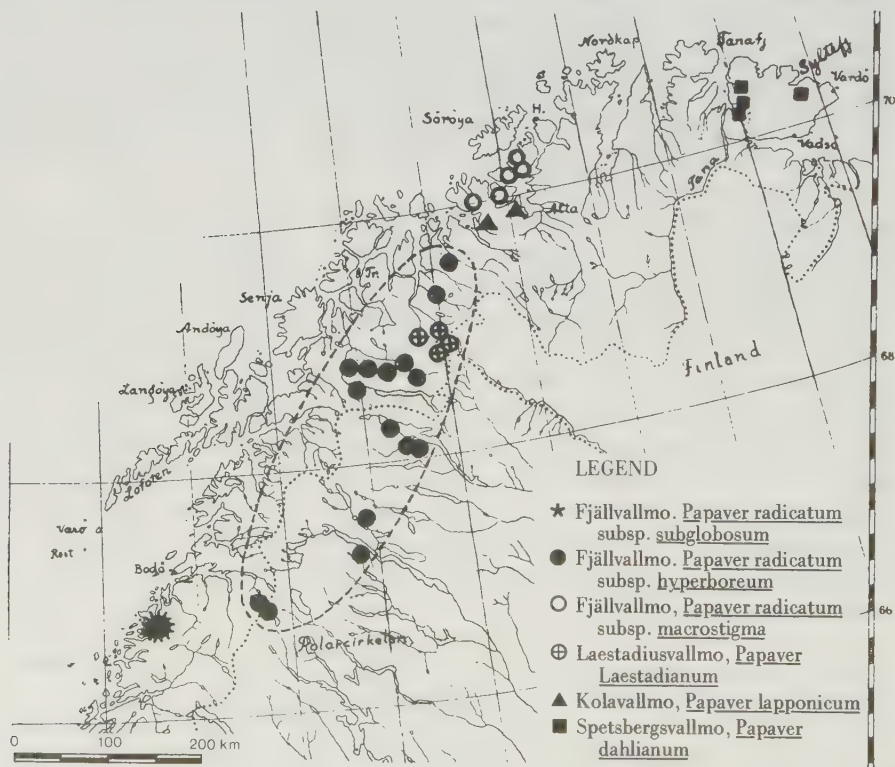
R. Dahl (1963) är förespråkare av alternativa lösningar när det gäller refugieproblematiken. Det kanske inte finns anledning att anta någon av de två ytterligheterna, d.v.s. att landskapet i ett utpekat område har varit istäckt eller isfritt under hela nedisningen, utan istäckningen kan ha varierat i tid och rum. Författaren (op. cit.) utvecklar dessa hypoteser och presenterar (1972) ett arbete, som angriper refugiefrågan på ett nytt och annorlunda sätt, i det att han på bred bas sammanställer de senaste resultaten angående Weichselglaciationens förlopp och utbredning. Författaren utnyttjar inte bara glacialmorfologiska resultat utan även glaciologiska, hydrologiska, oceanografiska och klimatologiska.

### 3.2.6.2 Varangerhalvön i refugiediskussionen

Angående Varangerhalvön skriver Nordhagen (1933, s. 28) i samband med diskussion rörande områdets roll i refugieproblematiken: "Overordentlig interessant er også påvisningen av den eiendommelige forvitring eller avskalling ... Lignende forhold gjenfinnes på Varangerhalvøen."

Av de fjällväxter, som i detta sammanhang dragit uppmärksamheten till Varangerhalvön märks bland andra (Nordhagen 1933, 1935, 1936 a och b, Gjaerevoll 1973 och Lid 1979) spetsbergsvallmo (Papaver dahliaenum), polarnarv (Arenaria pseudofrigida) och altaifibbla (Crepis multicaulis).

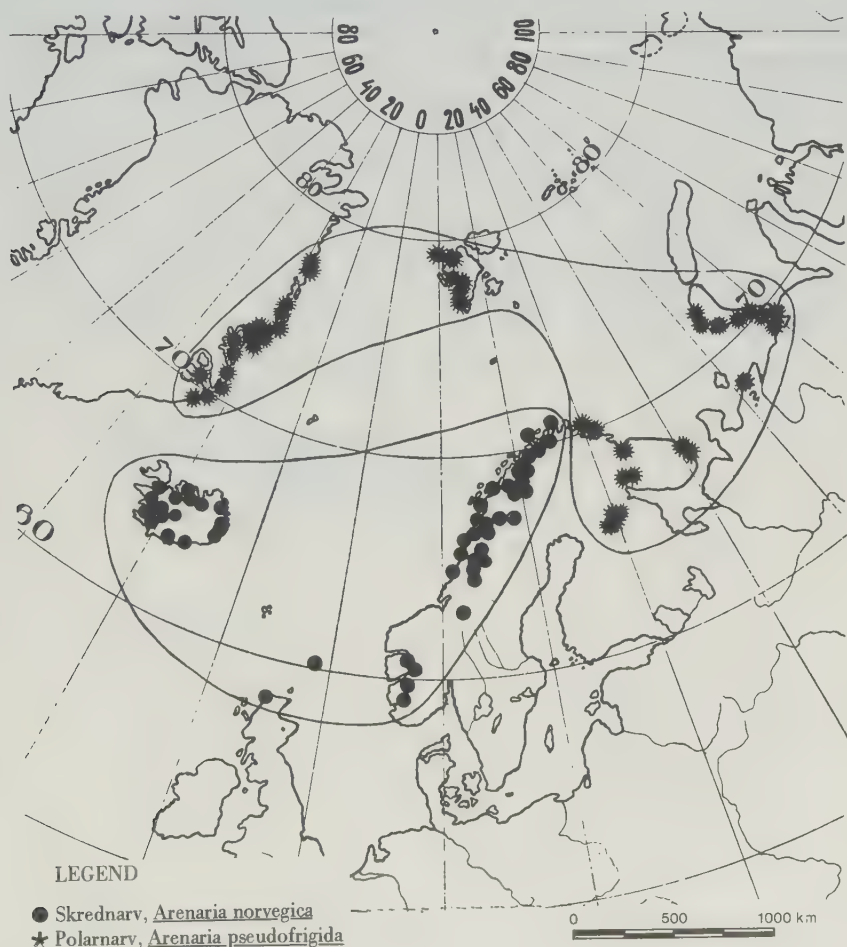
Alla arter av fjällvallmo, vars utbredning i norra Skandinavien framgår av figur 3:12, har gula blommor, utom spetsbergsvallmo (Papaver dahliaenum), som även kan ha vita. P. dahliaenum växer, förutom på Varangerhalvön, även på Östgrönland och Spetsbergen. Inom Varangerhalvön uppträder den på två olika lokaler, varav den ena ligger i Tanafjordsdistriktet mellan Leirpollen och Trollfjorden och den andra sydost om Syltefjordens inre delar vid Austerelva (jfr fig. 3:12 och geomorfologiska kartan). Medan P. dahliaenum på Spetsbergen blommar med både gula och vita blommor på samma lokal, finns den på Varangerhalvön inom Tana-



Figur 3:12. Utbredningskarta för olika arter av vallmo inom norra Skandinavien. Efter Nordhagen (1936 b, s. 111).  
*Distribution map of different Papaver species in northern Scandinavia. After Nordhagen (1936 b, p. 111).*



fjordsdistriktet bara med vita blommor och vid Syltefjorden enbart med gula. Nordhagen (op. cit.) ser ingen möjlighet att förklara detta förhållande med successiv invandring efter isavsmältningen utan drar slutsatsen, att *P. dahlia-num* måste ha övervintrat, dels i Tanafjordsdistriktet, dels i Syltefjordområdet. De båda populationerna har efter isavsmältning inte uppnått kontakt med varandra, utan bibehållit den prägel de fick under istiden p.g.a. mutation, isolering och inavel.



Figur 3:13. Utbredningskarta för två arter av narv, skrednarv, *Arenaria norvegica* och polarnarv, *Arenaria pseudofrigida*. Efter Nordhagen (1936 b, s. 49).

Map illustrating the distribution of two different *Arenaria* species, *Arenaria norvegica* and *Arenaria pseudofrigida*. After Nordhagen 1936 b, p. 49).

Utbredningen av fjällnarv (Arenaria norvegica) och en nära släkting till denna, polarnarv (Arenaria pseudofrigida) framgår av figurerna 3:13 och 3:14. A. pseudofrigida uppträder på Varangerhalvön i de inre delarna av Båtsfjorden, Syltefjorden och Persfjorden (jfr fig. 3:14 och geomorfologiska kartan). Utanför Varangerhalvön finns den dessutom (fig. 3:13) i Nordfinland, norra Ryssland och på Novaja Zemlja, Spetsbergen och Östgrönland. De båda Arenaria-arterna har alltså sin totala utbredning inom ett område, som varit nedisat. A. pseudofrigida som har europeiskt ursprung, finns i Skandinavien huvudsakligen på Varangerhalvön (fig. 3:13).



#### LEGEND

- X Polarnarv, Arenaria pseudofrigida
- O Altaifibbla, Crepis multicaulis
- ★ Brunkulla, Nigritella nigra
- ▲ Gaissakattfot, Atenaria nordhageniana
- ⊕ ..... , Oxytropis deflexa
- ..... , Scirpus pumilus och
- Purpurkrassing, Braya purpurascens

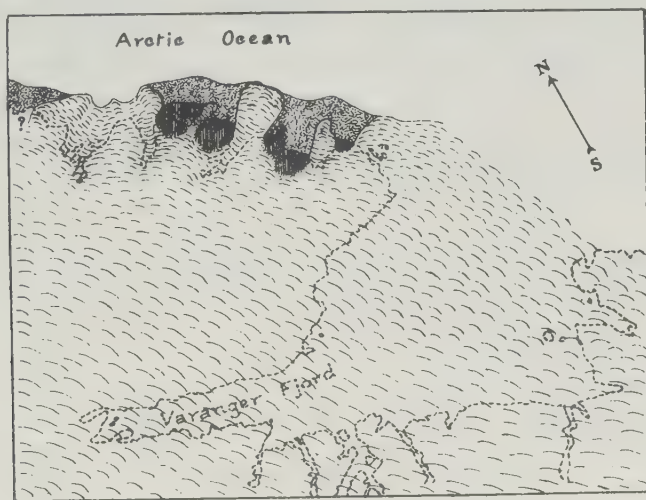
..... svenskt namn ej angivet av Lid (1974)

Figur 3:14. Utbredningskarta över några viktiga botaniska indikationer, bl.a. polarnarv, Arenaria pseudofrigida och altaifibbla, Crepis multicaulis, på refugier i nordöstra Norge. Efter Gjaerevoll (1973, s. 149), som kompletterat Nordhagen (1936 b, s. 112).

Distribution map illustrating some important botanical indications, a.o. Arenaria pseudofrigida and Crepis multicaulis, on unglaciated refuges in north-eastern Norway. After Gjaerevoll (1973, p. 149) who has completed Nordhagen (1936 b, p. 112).

Angående den korgblommiga altaifibblan (*Crepis multicaulis*), återfinns den vid Meskelva på nordsidan av Varangerfjordens inre delar (fig. 3:14 och geomorfologiska kartan). Detta är den enda kända växtplatsen i Europa och den är följaktligen endemisk för denna världsdel. Närmaste växtlokal återfinns i norra Ryssland ca 900 km bort och i övrigt i området Kaukasus-Altai. Fyndlokalen på Varangerhalvön ligger idag under högsta kustlinjen och kan inte ha existerat där under senoglacial tid. "Da der på Varangerhalvøen har vaert isfrie refugier og da avstanden fra disse ned til Meskelven ikke er overvettes stor, kan man tenke sig at *Crepis multicaulis* i senoglacial tid har flyttet sydover efter hvert som isen forsvant og tilslutt funnet et blivende sted i Meskelvens lille elvekløft, hvor bergartene er gunstige for den" (Nordhagen 1935, s. 120).

Nordhagen antar att isfria refugier bör ha funnits i närheten av Syltefjorden och eventuellt också vid Båtsfjorden och Persfjorden. Dessutom föreslås ett övervintringsställe i Tanafjord-distriktet mellan Berlevåg och Trollfjorden (jfr fig. 3:12, 3:14 och geomorfologiska kartan).



Figur 3:15. "Holtedahls rekonstruktion av naturförhållena på Varangerhalvön under siste istid. Fjordbreer, isfrie partier mellem disse og isfritt "forland". Karta enligt Holtedahl (1929, "small map on plate 1") och text enligt Nordhagen (1933, s. 75).

*Reconstruction by Holtedahl showing the physical features of the Varanger peninsula during the last glaciation with outlet glaciers in the fjords and in between land areas free from ice. Also the foreland, the strandflat, is free from ice. Map from Holtedahl (1929, "small map on plate 1") and text translated from Nordhagen (1933, p. 75).*

Nordhagen (1933, s. 72-80) konstaterar visserligen, att de egna hypoteserna om isfria områden under Weichseltidens maxskede går stick i stäv med av Tanner (1907 och 1930) framlagda arbeten. Nordhagen ser sig dock finna geovetenskapligt stöd i ett arbete av Holtedahl (1929) där, i bl.a. en skissartad karta (fig. 3:15) utvisande förmodade ändmoräner i anslutning till nordkustens fjordar, även visas isfritt land.

Nordhagen (1933, s. 75) drar följande slutsats: "Varangerhalvön blir herigjennem det første faste holdepunkt i Fennoskandia for bedømmelsen av teorien om de interglaciale overvintrere, og den kaster nytt lys over Elfstrands hypotese om kystbankene som overvintringssted for planteveksten. På Varangerhalvön har det tydeligvis vaert muligheter for overvintring både på "land" og "under nuvaerende havflate." Elfstrand, som åsyftas i citatet, avser Elfstrand (1927).

Oavsett hur refugiediskussionen förts, kvarstår det faktum, att inom Varangerhalvön återfinns lokaler med växter, vars nuvarande utbredning framstår som oklar och att Varangerhalvöns yta täcks av vidsträckta blockhav. Angående modernare geovetenskapliga arbeten, i anslutning till Varangerhalvön, hänvisas till kapitel 3.3 och 5.3.

### 3.3 Tidigare geomorfologiska undersökningar av blockhav inom Varangerhalvön

Nedanstående översikt av tidigare utförda undersökningar inom Varangerhalvön avser endast arbeten, som berör blockhav. För andra arbeten hänvisas till introduktionskapitlet (kap. 1) och respektive kapitel.

Ett stort antal geovetenskapliga arbeten är utförda på eller i anslutning till Varangerhalvön sedan senare delen av 1800-talet (t.ex. Reusch 1891 a och c, Tanner 1906, 1907, 1915, 1932 och 1937, Bjørlykke 1913, Holtedahl 1918, 1929, 1940, 1951, 1953 och 1960 (ed.), Rosendahl 1932, Marthinussen 1945, 1960 och 1974, Markgren 1956, 1962 och 1964, Svensson 1962 a, b och c, 1963, 1964 a, b, c och d, 1966, 1967, 1969 b, c, d och e, 1971, 1972, 1977 och 1982 b och c, Svensson et al. 1972, Malmström & Palmér 1970 och 1982, Malmström et al. 1973, Sollid et al. 1973, Sollid (ed.) 1983, Helldén et al. 1977 och 1979, Jahn 1979 och 1982, Jahn & Siedlecki 1982, Kjeldsen & Sollid 1979, Follestad 1980 och 1982, Karte 1980, Ofstad 1980 och Tolgensbakk



& Sollid 1980). Några mera omfattande arbeten rörande områdets blockhav har dock inte utförts.

Markgren (1956, s. 8) rapporterar om erratika och friska isräfflor från bl.a. Tanahorn väster om Berlevåg, från Stangenestind, som är Varangerhalvöns högsta topp (724 m.ö.h.) och belägen vid Tanafjord, från Vardö's högsta punkt och från en lokal norr Domen vid Domsvatnet på halvöns sydöstra delar (jfr fig. 3:21 och geomorfologiska kartan). Angående blockhaven anges (Markgren 1962, s. 52) att de som regel är polygena men att autoktona, små blockhav förekommer. Recent grusvittring beskrivs från två lokaler (fig. 3:21).

På grundval av ovan gjorda observationer, och på ytterligare iakttagelser av isräfflor och erratika, sluter sig författaren (Markgren 1956, s. 7-9) till att Varangerhalvön i sin helhet varit nedisad och att istäcket haft en betydande mäktighet. Författaren vidimerar denna uppfattning vid senare tillfälle (1964, s. 108-110) och påpekar dessutom (s. 110) att inga nunatakkskulpturer iakttagits som skulle peka på att nunatakker frekvent skulle ha existerat inom halvön.

I samband med omfattande geomorfologiska arbeten, bl.a. inom Varangerhalvön, rörande främst periglaciala formelement (Svensson 1962 a, b och c, 1963, 1964 a, b och c, 1966, 1967, 1969 d och e, 1970, 1971, 1976, 1977 samt 1982 b och c) men även glaciala (Svensson 1964 d, 1969 b, 1971, 1972 samt Svensson et al. 1972) har Svensson (1967) noggrannt beskrivit en blockhavslokal med polygonmark. Lokalen är belägen på Buktkjölen (fig. 3:21 och geomorfologiska kartan). Denna blockhavsbeskrivning är den utförligaste som hittills utförts om Varangerhalvöns blockhav. Enligt författaren (op. cit.) ger blockhavet ett homogent intryck, och är huvudsakligen uppbyggt av grovgrus, sten och småblock av den lokala berggrunden och med endast sporadiska inslag av erratika. Material finare än grovgrus saknas såväl som större block. Berg i dagen är sällsynt inom området, men där det konstateras är det kraftigt uppsprucket och ger intryck av pågående nedbrytning.

På grundval av bl.a. ovanstående iakttagelser, dras slutsatsen att blockhavet är av autoktont ursprung. Blockhavs-materialet är lavklätt endast på ytan vilket tyder på ett stabilt blockhav.

Isräfflor påträffas på en berghäll inom blockhavet. "The striation can be regarded as quite certain proof that the area was overridden by ice during the last glaciation"

(Svensson 1967, s. 19, jfr Mangerud 1973, s. 13, ref. ovan kap. 3.2.6.1). Räffelobservationerna medför att författaren (Svensson op. cit., s. 22) utesluter att blockhavet kan ha bildats pre- eller interglacialt.

Angående blockhavets ålder skriver Svensson (1967, s. 22): "The back side situation in the area of the last glaciation involved a very early deglaciation of the Varanger peninsula. The disintegration of the bedrock was strongly increased by the climatic deterioration during the Younger Dryas period."

Malmström & Palmér (1970) beskriver blockhav i anslutning till Urdfjellet (fig. 3:21 och geomorfologiska kartan).

I ett arbete rörande deglaciationen av Finnmark i Nordnorge skriver Sollid et al. (1973, s. 299) att det inom Varangerhalvön finns utbredda blockhav med glacifluviala dräneringskanaler. Några vittringsformer, som skulle kunna indikera isfria refugieområden har inte iakttagits (s. 299).

Helldén et al. (1977 och 1979) har, för att testa möjligheterna att utnyttja Landsat's satellitdata för geovetenskapliga tillämpningar i fjällterräng, genomfört en studie av Varangerhalvön med hjälp av en Landsat-1-scen (fig. 3:16). Därvid framställdes bl.a. en geomorfologisk karta, i skalan 1:250 000 över Varangerhalvön. I kartan urskiljes elva olika klasser varav två sammanföll med blockhaven. De två klasserna utgjordes av lavrika respektive lavfattiga blockhav (Helldén et al. 1979, fig. 2., s. 59), där de lavfattiga sammanföll med Varangerhalvöns högsta partier. Detta är den första karta, som visar utbredningen av Varangerhalvöns blockhav. För utförlig information hänvisas till kapitlen 3.4.2 och 3.4.3.

I september 1979 besöktes Varangerhalvön av ett symposium i periglacial geomorfologi, i regi av IGU's arbetsgrupp för periglacial forskning (Co-ordinating Committee for Periglacial Research). Karte (1980) presenterar en rapport med erfarenheter från symposiet, där bl.a. Malmström & Palmér (1979) under symposiets exkursionsdel demonstrerade blockhavsproblematiken inom Varangerhalvön, och då i anslutning till en större provgrop i Buktkjölen's blockhav (geomorfologiska kartan och fig. 3:21, 3:25, 3:29 och 3:30). Karte (op. cit., s. 462) presenterar i sin rapport bl.a. Varangerhalvöns blockhav utifrån bl.a. ovanstående demonstration.

Jahn (1979) har utfört arbeten inom Varangerhalvön och diskuterar fossilisering av periglaciala formelement.

Bland de periglaciala processerna återfinnes blockhavs-bildning. Enligt Jahn aktiverades de sistnämnda processerna direkt efter isavsmältningen och är som intensivast till ca 6000 B.C. för att sedan sakta avta och slutligen upphöra några tusental år B.C. (s. 2-4). Blockhaven anses av författaren (op. cit.) som relikta. Jämför kapitel 3.4.3-3.4.5.

Ytterligare två arbeten från Varangerhalvön presenteras av Jahn (1982) och Jahn & Siedlecki (1982). Arbetena utgör komplement till Jahn (1979). Jahn & Siedlecki (1982), som presenterar en utbredningskarta (s. 27) visande periglaciala formelement på Varangerhalvön, behandlar bl.a. blockhaven. De presenterade resultaten stöds inte av föreliggande arbete.

Författarna (op. cit.) anser det inte troligt, att ens de högsta partierna på halvön framstått som nunatakker under ismaximum.

Kjeldsen & Sollid (1979) presenterar en kvartärgeologisk karta i skalan 1:100 000 över området Tana-Neiden. Kartan berör de sydvästligaste delarna av Varangerhalvön och har ett tecken för "blokkrik overflate".

Tolgensbakk & Sollid (1980) presenterar en karta, i skalan 1:50 000, visande kvartärgeologi och geomorfologi inom det topografiska kartbladet Vardö på de östligaste delarna av Varangerhalvön. En av substratbeteckningarna på kartan motsvarar "forvittringsmateriale/blokkmark".

På de två kvargärgeologiska kartbladen Ekkerøy (1:50 000), med beskrivning i Follestad (1982), och Vadsö (1:20 000), som hittills är utgivna inom undersökningsområdet, urskiljes blockhav på tre olika sätt. Större sammanhängande ytor av rent vittringsmaterial från den anstående berggrunden markeras med substratbeteckning, medan mindre ytor markeras med ett tecken i anslutning till substratbeteckningen berg i dagen. Ytterligare ett tecken, blockrik yta har använts. Detta tecken kan läggas på någon av substratbeteckningarna. Detta system för beteckning av blockhav ger möjlighet att genetiskt klassa blockhavsbyggningar.

I en fältkursrapport (Humlum, ed. 1982), behandlande arktisk geomorfologi i Varangerområdet, omnämnes blockhaven, (s. 23 och s. 74) och på en geomorfologisk karta i samma rapport särskiljes områden med stora block.

I samband med en problemdiskussion, rörande lösmaterialackumulationer i blockhav på Varangerhalvön, beskriver Malmström & Palmér (1982 b) områdets blockhav översiktligt. Här anföres bl.a., att Varangerhalvöns totala yta till en

dryg fjärdedel utgöres av blockhav.

I en slutrapport (Sollid, ed. 1983), rörande geomorfologi och kvartärgeologi med bedömning av skyddsvärde, i anslutning till naturskyddade vattendrag i mellersta och norra Norge, presenteras två kartor från Varangerområdet (Pl. 2 och 3). Kartorna är utförda i skalan 1:100 000 och avser kvartärgeologi och geomorfologi. På kartorna markeras "blokkmark" med substratbeteckning. I kommentaren till teckenförklaringen, finns inte "blokkmark" med, men det påpekas (s. 7), att på många ställen, framför allt i högfjället, har moränmaterialet ett stort innehåll av block i ytan. Detta har markerats som "blokkrikt morenemateriale" på en del av de i rapporten ingående kartorna. Detta är dock inte fallet för de båda kartor, som berör Varangerhalvön.

Under beteckningen "forvittringsmateriale" i kommentaren till teckenförklaringen (s. 9-10), framföres att vittringsmaterial i huvudsak är bildat genom frostsprängning. Täcks större ytor av sådant material, betecknas det med blockhav. Vidare påpekas (s. 10) svårigheter att skilja mellan blockhav bildade genom frostsprängning och blockhav bildade genom uppfrysning av stenar från en blockrik bottenmorän. "Blokkhav som består av forvittringsmateriale, er saerlig godt utviklet i de høye, kystnaere områdene som har vaert isfrie lenge.", (Sollid, ed. 1983, s. 10).

### 3.4 Egna undersökningar inom Varangerhalvön

#### 3.4.1 Problemställningar

Varangerhalvön, med sitt läge i de arktiska och subarktiska perifera delarna av Skandinavien, uppvisar stora områden med blockhav. Undersökningsområdet ligger dessutom i kanten av de kvartära istäckenas utbredningsområde och är, främst från biologiskt håll, betraktat som en av de skandinaviska regioner, som under i första hand Weichsel-istiden uppvisat isfria områden, vilka kunnat fungera som övervintringsställe för flora och fauna. Motsatsen, d.v.s. att hela området i varje fall under max-skedet varit istäckt, hävdas i stort sett enhetligt från geovetenskaplig sida (jfr kap. 3.2.6).

Vad angår blockhavens genes, som är förknippad med ovanstående problemkomplex, har olika tolkningar presenterats. Till övervägande delen har blockhaven tolkats som ett resultat av mekanisk vittring, i första hand frostsprängning



i postglacial tid, men blockhavsbildning genom frostsortering har omnämnts (jfr kap. 3.3).

Inom blockhaven på Varangerhalvön har en varierande grad av lavtäckning registrerats. Liknande observationer är gjorda på Baffin Island och diskussioner har förts, om skillnad i lavtäckning speglar snö- och istäckens utbredning under lilla istiden eller helt enkelt är ett resultat av recenta klimatförhållanden.

Observationer av vindslipning har gjorts inom Varangerhalvön, bl.a. på block inom blockhaven.

Övergripande problemställningar:

1. Hur är blockhaven bildade, d.v.s. hur kan de genetiskt tolkas?
2. Hur gamla är blockhaven, d.v.s. när påbörjades bildningen av dem och kan någon huvudperiod urskiljas för utbildningen?
3. Under förutsättning att ovanstående två frågor kan besvaras, bör också huvudfrågan kunna besvaras: Vilken ställning intog blockhaven under senaste nedisningen?
4. Varför uppträder olikheter i lavbeklädnad, och vilka förhållanden speglas i detta?

För att lösa ovanstående övergripande problemställningar, har följande delproblem angripits:

- A. Hur ser blockhaven ut vad gäller areell utbredning och relation till berggrunden?
- B. Hur ser blockhaven ut vad gäller topografisk fördelning?
- C. Hur ser blockhavens vertikala struktur och mäktighet ut?
- D. Varierar vertikal struktur och mäktighet med areell och topografisk fördelning?
- E. Vilka processer är ansvariga för den vertikala strukturen?
- F. Finns indikationer på att blockhavsområdena vid någon tidpunkt skulle varit täckta av is?
- G. Finns indikationer på recent blockhavsbildning?
- H. Hur ser blockhavens lavtäckning ut vad gäller areell fördelning?
- I. Hur ser blockhavens lavtäckning ut vad gäller topografisk fördelning?
- J. Vilka vindriktningar speglar vindslipningen och vilket material orsakar vindslipningen?
- K. Är resultaten rimliga med hänsyn till moderna glaciations- och deglaciationsteorier?

### 3.4.2 Metoder

Blockhavens areella och topografiska utbredning har karterats med hjälp av flygbilder, satellitbilder, topografiska kartor och fältkontroller. Se även kapitel 2.8.

#### 3.4.2.1 Kartering från flyg- och satellitbilder

Endast svart-vita bilder har funnits tillgängliga och då i varierande skalor. Halvöns mellersta latituder täcks av småskaliga bilder i den ungefärliga skalan 1:60 000 (fig. 3:39), medan de nordliga och sydliga breddgraderna, inklusive kustpartierna, är täckta av medelskaliga bilder i ungefärlig skala 1:35 000 (fig. 3:37). I undantagsfall har storskaliga bilder använts, bl.a. när det gäller de sydvästligaste och östligaste delarna av halvön.

I samband med en test angående möjligheterna att utnyttja Landsat-data för geovetenskapliga tillämpningar i fjällterräng, genomfördes hösten 1976 en studie (Helldén et al. 1977 och 1979) av Varangerhalvön, med hjälp av en Landsat-1-scen (1973-07-21, fig. 3:16 och 3:17). Varangerhalvön valdes som testområde av två anledningar. Den ena därför att området består av stora ytor kalfjäll, vilka förmodades ge optimala möjligheter till jordarts- och berggrundsstudier. Den andra därför att författarna (medförfattare i Helldén et al. 1977 och 1979) varit involverade i geomorfologiska studier i området sedan 1970, vilket medförde tillgång till ett rikligt flygbildsmaterial och en mycket god fältkännedom för jämförelser med satellitdata. Målsättningen med studien var att testa Landsat-materialet på dess informationsinnehåll, förutom med avseende på jordarter och berggrund, också med avseende på tektonik, vegetation och

---

Figur 3:16. Landsat-1-registrering (FCC) från den 21 juli 1973 över Varangerhalvön. Registreringen är färgkodad av NASA (MSS 4-blå, MSS 5-grön och MSS 7-röd). Blockhav med hög grad av lavtäckning tecknas i ljusblått, medan lavfattiga blockhav tecknas i vitt (jämför figurerna 3:42, 3:43 och 3:44). Notera att Trollfjord-Komagelvbrottlinjen (fig. 1:3) framträder tydligt. (Framsida)

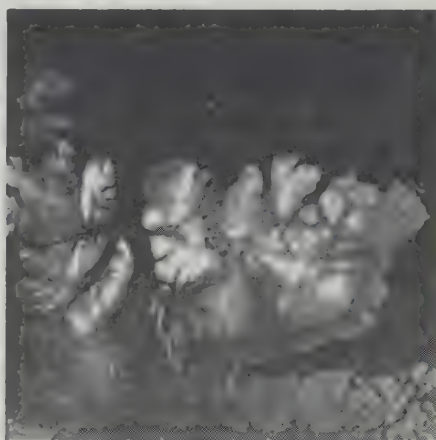
*Landsat-1 image (FCC) recorded on the July 21 1973 covering the Varanger Peninsula. The image is colour coded by NASA (MSS 4-blue, MSS 5-green and MSS 7-red). Block fields which to a great extent are covered by lichens are depicted bright blue whereas block fields poor in lichens are depicted completely white (cf. Figs. 3:42, 3:43 and 3:44). The Trollfjord-Komagelv fault zone (Fig. 1:3) can easily be traced in the image. (Front page)*

stormorfologi i fjällterräng.

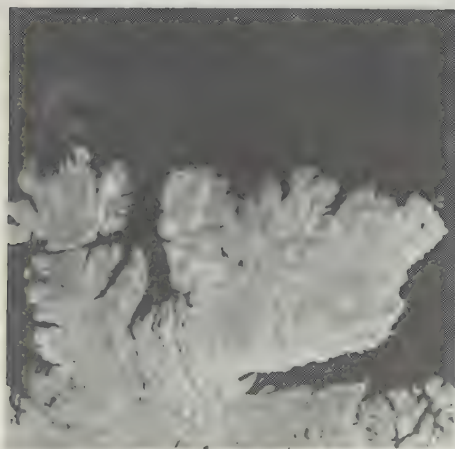
Till grund för analyserna låg ovan angivna Landsat-1 scen (1363-09311), varvid en multispektral färgkomposition, FCC (fig. 3:16), samt kanalerna MSS 4 (0,5-0,6  $\mu\text{m}$ , fig. 3:17a), MSS 5 (0,6-0,7  $\mu\text{m}$ , fig. 3:17 b), MSS 6 (0,7-0,8  $\mu\text{m}$ ,



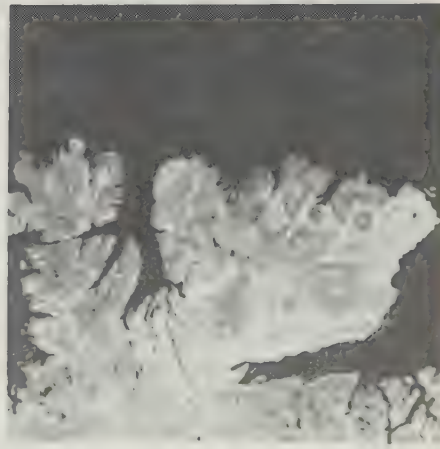
MSS 4



MSS 5



MSS 6



MSS 7

Figur 3:17 a-d. De fyra MSS-kanalerna från en Landsat-1-registrering av Varangerhalvön (1973-07-21). Blockhaven inom halvön detekteras lättast i MSS 5 och MSS 7 med någon fördel för den sistnämnda. Jämför figurerna 3:16 och 3:18.

*The four MSS channels from a Landsat-1 image covering the Varanger Peninsula (July 21 1973). The block fields within the peninsula are best detected in MSS 5 and MSS 7 with some advantage for the latter. Compare the Figures 3:16 and 3:18.*

fig 3:17 c) och MSS 7 (0,8-1,1  $\mu\text{m}$ , fig 3:17 d) utnyttjades för analys i Additive Color Viewer och Bildanalysator samt för tolkning i Stereo Facet Plotter. Det senare instrumentet är avsett för överföring av information från stereomodeller eller enkelbilder till underlagskartor i valfria skalor. Härvid kan bildmaterialet på optisk väg anpassas till ifrågavarande underlagskarta, varvid skillnader i skala och distortioner kan elimineras. För beskrivning av övriga instrument hänvisas till Helldén & Olsson (1975) och Helldén et al. (1976).

Tre översiktliga inventeringskartor ritades, en morfologisk karta, en vegetationskarta och en berggrundskarta. Karteringsskalan för den geomorfologiska kartan och vegetationskartan valdes till 1:250 000, och som underlagskarta utnyttjades en översiktskarta över Varangerhalvön (Northern Europe, 1:250 000, series M 515, nr 35, 36-5 Vadsö). Karteringsskalan för berggrundskartan sattes till 1:600 000.

All kartering utfördes i en Stereo Facett Plotter, i vilken färgbilderna anpassades till respektive skalor och underlagskartor. Vid tolknings- och karteringsförfarandet har ett antal test- och träningsområden, representerande de karterade klasserna, utvalts, varvid fältdata inhämtades från flyg- och markbilder samt från fältinventeringar utförda under perioden 1970-76. Fältdata till berggrundskartan hämtades dessutom från Siedlecka & Siedlecki (1972). Respektive klass lokaliserades därefter i Landsat-materialet och definierades med avseende på gråton och färgnyans. Angående felkällor hänvisas till Helldén (1977).

Vid den morfologiska karteringen har elva klasser urskiljts, varav två sammanfaller med blockhav. Den ena blockhavsklassen tecknas i färgkompositionen blå (fig. 3:16) och sammanfaller med blockhav, som har kraftig lavtäckning, medan den andra blockhavsklassen tecknas vit (fig. 3:16) i satellitbilden och motsvaras av lavfattiga blockhav. Vad angår berggrundskarteringen, kan olika bergarter inte differentieras inom halvön och karteringen får karaktären av en tektonisk inventering.

Kontroll av karteringsnoggrannheten utfördes med tre olika kontrollsystem:

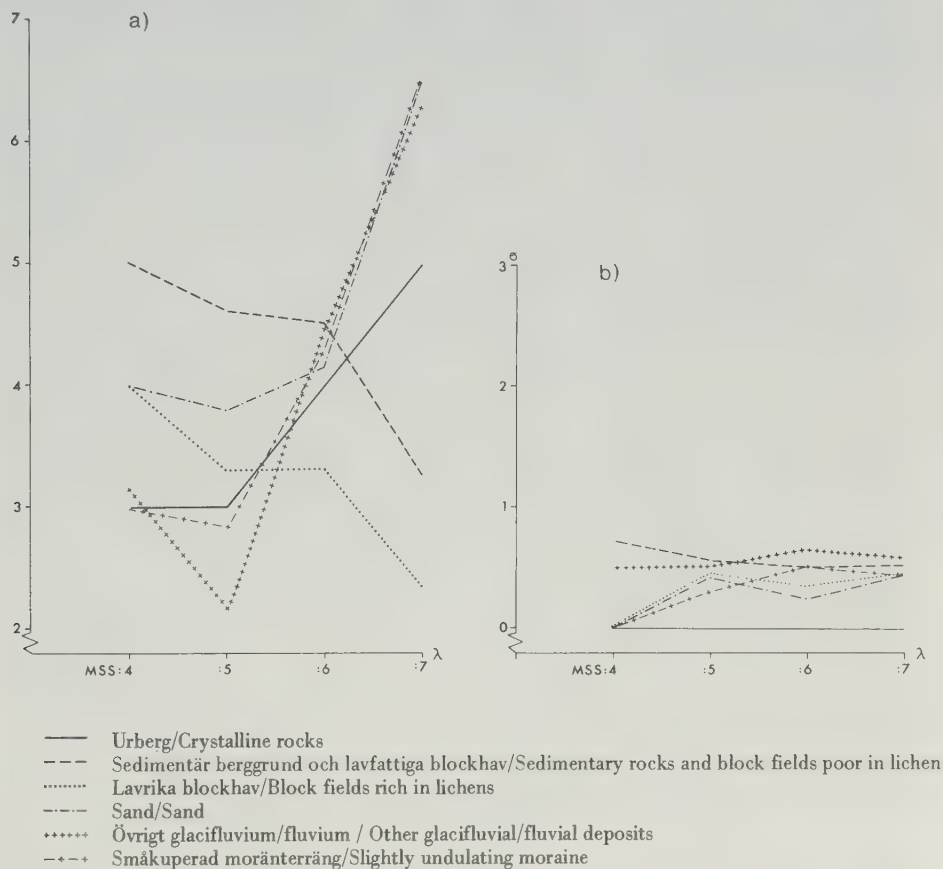
1. Ett pricknät innehållande 50 punkter lades över respektive karta, och varje punkt kontrollerades med hjälp av flygbilder och fältdata.
2. En detaljkarta i skalan 1:50 000 ritades med hjälp av Landsat FCC (fig. 3:16) över ett delområde (ca 170  $\text{km}^2$ ) norr om Vadsö (geomorfologiska kartan), varvid den er-



hållna satellitinformationen, i en Stereo Facett Plotter, överfördes till en modern topografisk karta (jfr kap. 2.8) i samma skala. Detaljkartan, som bl.a. innehöll de båda ovan nämnda blockhavsklasserna, fältkontrollerades noggrant.

### 3. För att erhålla ett mått på, i vilken omfattning de

Relativ reflektans/  
Relative reflectance



Figur 3:18 a-b. Spektrala signaturer för de karterade klasserna (a) och standardavvikelsen för dessa signaturer (b). Av spektraldiagrammet (a) framgår att blockhav lättast detekteras i MSS 5 och MSS 7 med någon fördel för den sistnämnda. Jämför figurerna 3:16 och 3:17. Efter Helldén et al. (1979, s. 68).

Reflectance diagram of the categories mapped (a) and the standard deviation for these reflectance curves (b). From the reflectance diagram (a), it can be seen that block fields are best detected in MSS 5 and MSS 7 with some advantage for the latter one. Compare the Figures 3:16 and 3:17. From Helldén et al. 1979, p. 68).

karterade klassernas spektrala karaktäristika skilde sig från varandra, utfördes mätningar av dessa parametrar i en Bildanalysator (jfr Helldén et al. 1977). Registringarna i de fyra MSS-banden inpassades i en Additive Color Viewer (Helldén & Olsson 1975), för att underlätta mätningarna av den relativa reflektansen i mot varandra svarande områden i MSS 4 - MSS 7. De fyra kanalerna kalibrerades i Bildanalysatorn, på ett sådant sätt, att respektive kanalers gråtoner kunde jämföras med varandra. För varje mark- och vegetationsklass utvaldes tio områden jämnt fördelade inom det karterade området. Områdena kontrollerades med fältdata, för att de med säkerhet skulle stämma överens med den mark- eller vegetationsklass de placerats i. Därefter uppmättes den relativa reflektansen för samtliga tio områden i MSS 4 - MSS 7 (fig. 3:17 a-d), varefter spektraldiagram konstruerades för respektive klass (fig. 3:18).

Av felkällorna skall omnämnas, att pricknätet innehöll för få punkter för att ge ett tillförlitligt resultat. Vidare kan två felkällor anges vid mätningarna i Bildanalysatorn. Mätinstrumenteringen var vid mättillfället injusterad för ljusstarka bilder, varför svårigheter uppstod vid kalibrering p.g.a. något svagt ljusflöde i Additive Color Viewer. Dessutom vandrade Bildanalysatorn något gråtonssteg under den första timmens mätningar. Vandringen torde bero på ljussvaga bilder.

Överensstämmelsen mellan den Landsat-baserade berggrundskartan och den av Siedlecka & Siedlecki (1972) är god.

Resultatet från pricknätsutvärderingen kan sammanfattas med att överensstämmelsen mellan Landsat-baserade kartor och verkligheten är god. Drygt 95 % av kontrollerade punkter visade sig vara korrekt tolkade, medan tolkningssäkerheten för respektive klasser varierade mellan 95 och 100 %.

Vad angår fältkontrollen av detaljkartan i skalan 1:50 000, framkom svårigheter att i Landsat-materialet skilja berg i dagen från blockhav. De två i färgkompositionen (fig. 3:16) karterade blockhavsklasserna, i blått respektive vitt, motsvaras i verkligheten av en lavtäckning på mera än ca 80 % (fig. 3:43) respektive mindre än ca 20 % (fig. 3:44).

Resultaten av reflektansmätningarna i Bildanalysatorn framgår av figur 3:18. De angivna värdena är medelvärden av tio mätningar. Av spektraldiagrammet (fig. 3:18 a) framgår, att de där presenterade klasserna lättast särskiljes inom det röda våglängdsområdet (MSS 5, 0,6-0,7  $\mu\text{m}$ ).

Den största spektrala skillnaden mellan de båda blockhavsklasserna visas i den röda kanalen (MSS 5, 0,6-0,7  $\mu\text{m}$ ). Blockhaven urskiljes och karteras lättast i denna kanal och i den mest långvågiga nära infraröda kanalen (MSS 7, 0,8-1,1  $\mu\text{m}$ ), med någon fördel för den sistnämnda. Jämför Andrews (1976, op. cit.) och Locke & Locke (1977, op. cit.).

Reflektanskurvorna för de båda blockhavsklasserna stöder erfarenheten från karteringen, att det verkligen är möjligt att skilja lavrika blockhav från lavfattiga, och att de i sin tur kan skiljas från övriga valda klasser, med undantag för klassen sedimentär berggrund, vilken spektralt sammanfaller med lavfattiga blockhav.

Med positiv erfarenhet från ovan beskrivna test, och beroende av vissa svårigheter att i flygbilder klart avgränsa blockhaven, beslutades att här utföra blockhavskartering med utgångspunkt från Landsat-registreringen och då även skilja mellan lavrika respektive lavfattiga blockhav.

Karteringen utfördes i enlighet med ovan beskrivna test, men som underlagskartor användes svarttryck av den moderna topografiska kartan i skalan 1:50 000 (se ovan kap. 2.8), som också var karteringsskala. Denna karteringsskala var något stor, och den "automatiska generalisering", som användandet av bildmaterial med begränsad upplösningsförmåga kan innebära, gick i någon mån förlorad. Karteringen kontrollerades fortlöpande mot flygbilder och fältkontroll utfördes i samband med övriga fältarbeten. De på detta sätt erhållna blockhavskartorna överfördes senare till den geomorfologiska kartan men även till en speciell blockhavskarta (fig. 3:21). Till den senare överfördes från den morfologiska kartan även sådana formelement, som bedömdes viktiga att framhäva i samband med blockhavsdiskussionen. Angående överföringsmetoder och karteringsnoggrannhet hänvisas till kapitlen 2.8 och 2.10.

Med utgångspunkt från blockhavskartan (fig. 3:21) lades blockhaven in på nio öst-västliga och elva nord-sydliga höjdprofiler (fig. 3:22 a och b), för att på så sätt ge en uppfattning om blockhavens topografiska fördelning. På profilerna lades även kullar i lösmaterial in (kap. 4).

### 3.4.2.2 Övriga metoder

För att få en uppfattning om blockhavens vertikala struktur och mäktighet, har ett antal lokaler undersökts (fig. 3:21,

lokalerna A-Y), provgropar har upptagits och dokumenterats, prover för fullständiga jordartsanalyser har tagits och blockräkningar på hundra stenar och block har utförts. För utvärdering av blockräkningarna har en berggrundskarta sammanställts (fig. 1:4) efter Siedlecki & Levell (1978, plate 1) och Siedlecki (1980). I samband med övriga fältarbeten, har fortgående noterats observationer rörande vitttring, eventuellt finmaterialinnehåll, glacial- och vindslipning.

#### 3.4.2.3 Experimentell frostvittring

För att erhålla en uppfattning om hur den lokala berggrunden inom Varangerhalvön påverkas av frostaktivitet, har laboratorieförsök utförts rörande frostvittring. Ett antal laboratorieexperiment, för att påvisa och kvantifiera frostvittring som funktion av tiden, olika bergartsmaterial och olika klimatförhållanden refereras ovan (kap. 3.2.3.1).

Det här genomförda experimentet har som syfte att utröna, i vilken mån en del av de i blockhaven på Varangerhalvön



Figur 3:19. Foto utvisande frysexperiment omfattande 40 islandscyklar, utförda på stenar insamlade på Varangerhalvön, bl.a. i blockhav.

*Photo illustrating experimental frost weathering studies on rock samples from the Varanger Peninsula. The samples, some of them from block fields, were subjected to forty Icelandic freeze-thaw cycles.*



ingående bergarterna påverkas av upprepade frysning och tining, och vilken kornstorleksfördelning en sådan påverkan kan ge upphov till hos eventuellt erhållet vittringsmaterial. Kornstorleksfördelningen jämföres i första hand med fraktionskurvor på finmaterial, som uppträder på en del provgroppslokaler, i andra hand med resultat erhållna av andra författare enligt ovan (kap. 3.2.3.1).

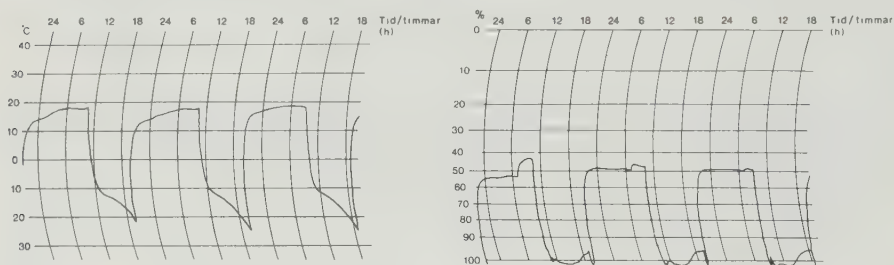
Experimenten, som i stort sett följde de av Wiman (1963) beskrivna, omfattade 13 stenar, varav 9 var samlade bland sten- och blockmaterialet inom ett antal blockhav och resterande 4 stenar var från fast klyft i icke blockhavsläge. Provtagningslokalerna, som med siffror är inlagda på blockhavskartan (fig. 3:21), beskrives närmare i tabellform (fig. 3:33).

Före experimentets påbörjande fotograferades proverna och tvättades sedan omsorgsfullt för att på så sätt avlägsna eventuella lösa mineral Korn. I samband med detta bestämdes även stenprovernans densitet. Stenarna fick i laboratoriets rumstemperatur torka i två veckor och vägdes sedan med en noggrannhet av 1/100 g, i undantagsfall med en noggrannhet av 1/10 g beroende på vågkonstruktionen. Provernans yta bestämdes genom att varje sten noggrant sveptes in i aluminiumfolie, så att folien verkligen i detalj följde stenarnas konfiguration. Folien skars sedan upp på lämpligt sätt och ytbestämdes.

Efter dessa förberedelser placerades stenarna i uppmärkta plastburkar. I brist på sofistikerad klimatkammare användes en enkel frysbox, i vilken plastburkarna med de olika stenproverna placerades tillsammans med hygrometer, maxmintermometer och termohygrograf (fig. 3:19). En del av plastburkarna fylldes med destillerat vatten, så att vattnet dränkte proverna till ca 3/4. Detta avsågs simulera våt vittringsmiljö (jfr ovan kap. 3.2.3.1). I motsats till Wiman (1963), som arbetade med både sibiriska och isländska frostcykler utfördes det här beskrivna experimentet endast under simulering av isländska frostcykler (jfr ovan kap. 3.2.3.1).

Själva huvudexperimentet gick så till, att innan frysboxen tillstängdes och strömmen inkopplades, sprayades de torra stenproverna med destillerat vatten, för att på så sätt simulera en fuktig vittringsmiljö. Detta förfarande upprepades efter varje töcykel, då även vattennivån hos de våta proverna kontrollerades med påfyllning vid behov. Frysboxen stängdes och kopplades in ca 10 timmar varefter den slogs ifrån och locket öppnades.

Lufttemperaturminimum, som uppnåts, varierade mellan  $-20^{\circ}\text{C}$  och  $-30^{\circ}\text{C}$  beroende på viss tröghet i boxens termostatkfunktion. Samtliga burkar med destillerat vatten var vid frostcykelns avbrytande alltid bottenfrusna och istemperaturen låg mellan  $-20^{\circ}\text{C}$  och  $-30^{\circ}\text{C}$ . För att åstadkomma luftcirkulation i boxen under töcykeln, användes en enkel fläkt. Efter ca 14 timmars tining, var all is tinad och både vatten- och lufttemperatur nådde närmare  $+20^{\circ}\text{C}$ . Boxen kylades åter ner. Frostcykeln omfattade alltså ca 24 timmar, varav ca 10 timmar var fryscykel och ca 14 timmar var töcykel. Tiderna kunde variera någon timme fram eller tillbaka, vilket dock inte påverkade maximum- och minimumtemperaturerna. Den relativa luftfuktigheten i boxen varierade med boxtemperaturen, så att temperaturmaximum motsvarades av ett minimum för den relativa luftfuktigheten på ca 45 % och temperaturminimum motsvarades av ett maximum för den relativa luftfuktigheten på ca 100 %. Den relativa luftfuktighetens och lufttemperaturens fluktuationer inom frostcykeln framgår även av termohyogrammet i figur (3:20).



Figur 3:20. Termohyogram utvisande temperaturcykler och därmed sammanhängande svängningar i den relativa luftfuktigheten i samband med frysexperiment omfattande sammanlagt 40 isländska temperaturcykler. Frysexperimenten är utförda på stenmaterial från bl.a. Varangerhalvöns blockhav.

*Termohyogram, illustrating temperature cycles and fluctuations in relative air humidity, from experimental frost weathering studies comprising in all forty Icelandic temperature cycles. The studies were carried out on, among others, stone samples from the block fields of the Varanger Peninsula.*

Efter sammanlagt 40 dygn avbröts experimentet och frysboxen fick stå öppen i tre veckor, så att det destillerade vattnet avdunstade och allt material torkade i rumstemperatur. Fläkten var hela denna period inkopplad, för att erhålla luftcirkulation i boxen. Efter torkperioden borstades alla stenar av och allt eventuellt vittringsmaterial vägdes med en noggrannhet av 1/100 g och fotograferades

sedan tillsammans med respektive stenprov. Vittringsprodukternas kornstorleksfördelning bestämdes. Alla resultat och beräkningar från experimentet har sammanställts i tabellform och presenteras i figur 3:34.

### 3.4.3 Resultat

#### 3.4.3.1 Blockhavens areella utbredning och relation till berggrunden

Varangerhalvöns blockhav (kap. 3.1 och fig. 3:21) är till allra största delen belägna inom områdets nordnordöstra hälft och över halva landarealen här täcks av blockhav. Inom den sydsydvästra delen av halvön, är de i huvudsak koncentrerade till två regioner, Maddavarri-Jakobselvvidda och Urdfjellet-Falkfjellet (fig. 3:21 och geomorfologiska kartan), vilka här utgör höjdparter. Varangerhalvöns allra sydvästligaste och sydostligaste delar saknar nästan helt blockhav.

Berggrundsgeologiskt faller största delen av blockhaven inom Barentshavsregionen (fig. 1:4), vilken i stort sett sammanfaller med Varangerhalvöns nordnordöstra hälft. Blockhavsyterna är jämt fördelade inom regionen med en liten underrepresentation inom Barentshavsgruppen (fig. 1:4). Den blockhavsyta, som täcker delar av Tanafjord-Varangerfjordregionen, faller huvudsakligen inom Tanafjordgruppens berggrundsområde och endast i liten utsträckning inom Vestertanagruppens (fig. 1:4). De inom den sistnämnda gruppen liggande tillitförande formationerna, Mortensnes- och Smalfjordformationerna med den mellanliggande Nyborgformationen, saknar helt blockhav.

Den allra största delen av blockhaven är utbildade i sandsten, kvartsitisk sandsten och kvartsit (fig. 1:4 och 3:21).

---

Figur 3:21. Utbredningskarta visande blockhavens areella fördelning inom Varangerhalvön med hänsyn till lavtäckning och i relation till isräfflor, rundhällar och kullar i lösmaterial.

*Block field distribution map with regard to lichen cover, glacial striaes, roches moutonnées and mounds of unconsolidated deposits.*





### 3.4.3.2 Blockhavens topografiska fördelning

Huvuddelen av den totala ytan blockhav faller inom höjdsiktet 250-450 m.ö.h. Inom den sydsydvästra delen av halvön ligger den nedre gränsen på 250 m.ö.h. för att sedan sjunka mot norr, så att de lägsta noteringarna på några lokaler längst i norr, t.ex. inom Syltefords- och Makkaursandfjordsområdena, sammanfaller med värdet på högsta kustlinjen, ca 80 m.ö.h.. Blockhaven är inom hela halvön belägna inom höjddpartier, d.v.s. på toppar, ryggar och höjddplatåer men även i fjällsidor. De återfinnes även på Varangerhalvöns högsta topp Stangenestind, 724 m.ö.h. Längs halvöns sydkust finns flera bergryggar, som överstiger 250 m.ö.h. men som saknar blockhav, medan sådana återfinns på denna nivå endast ca 15 kilometer längre norrut (fig. 3:21, 3:22 a och b och geomorfologiska kartan).

### 3.4.3.3 Blockhavens vertikala struktur och mäktighet i förhållande till areell och topografisk utbredning

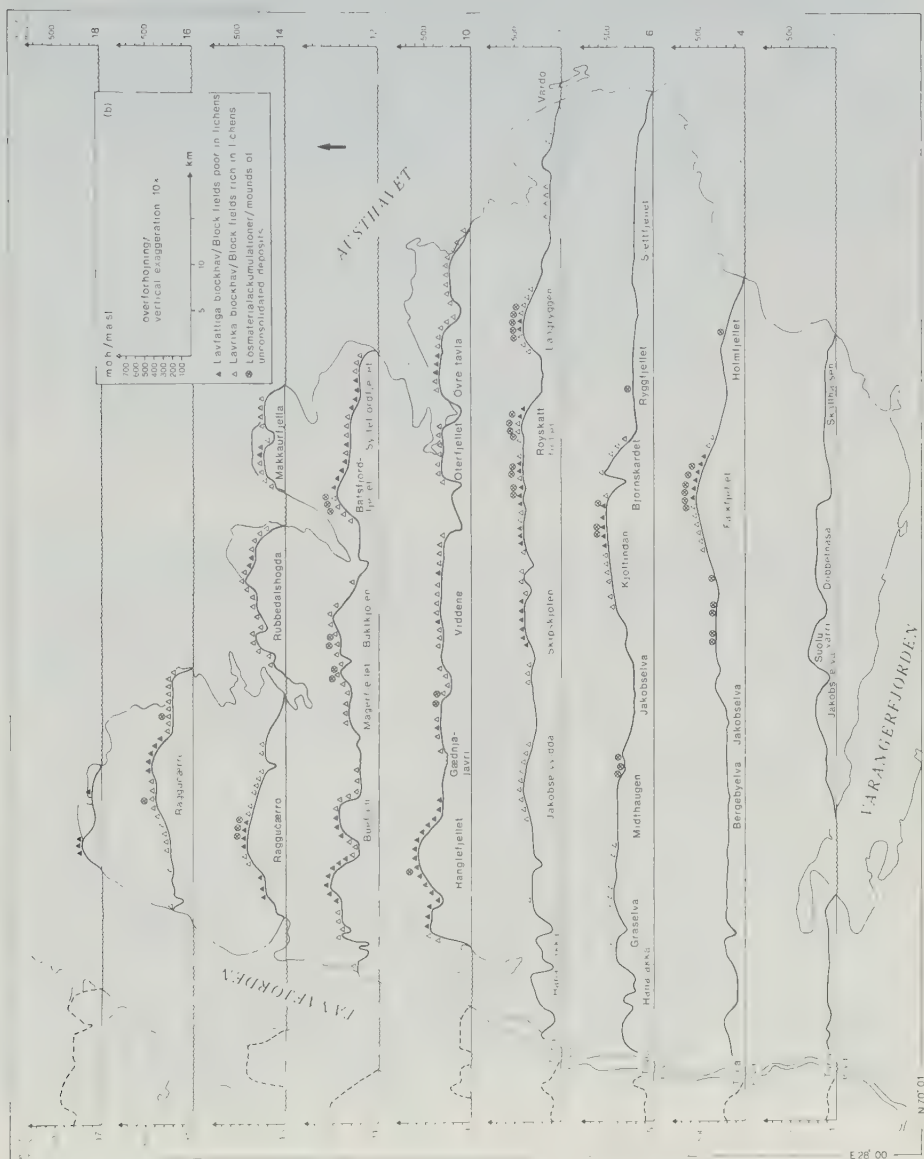
Inom de absoluta toppområdena är blockhaven utbildade i den lokala berggrunden, så att det ofta är förenat med svårigheter att fastställa om markytan skall klassas som berg i dagen eller som blockhav (fig. 3:21, lokalerna A, B, L, O och R). Inom dessa områden finns ofta torvliknande vitt-ringsrester av den lokala berggrunden (fig. 3:23). Blockhaven har ibland karaktären av starkt uppsprucken berggrund, där kubikmeterstora block brutits loss men bara flyttats någon enstaka meter (fig. 3:24). De ingående fraktionerna består till stora delar av just kubikmeterstora block och karaktäristiskt för regionen är att finmaterial i stort sett saknas (fig. 3:21, lokalerna A, B, L, O och R).

Beroende på blockhavens karaktär är mäktigheten svår att avgöra och bergrundsytan är ofta svårdefinierad. Med denna reservation kan som riktvärde anges att mäktigheten sällan överstiger 2 meter.

Vid genomförda blockanalyser understiger inslaget erratika (urberg) 1 procent (fig. 5:4).

Inom flacka höjddplatåer och fjällsidor har blockhaven en helt annan karaktär jämfört med toppområdena. Blockstorleken är betydligt mindre och kan rubbas med handkraft (fig. 3:25). Inom regionen kan öar av finmaterial ibland iakttas och i vissa områden förekommer kullformiga lösmaterialackumulationer (fig. 3:21). Dessa behandlas speciellt i kapitel





4 till vilket hänvisas för ytterligare information.

Figur 3:26 visar en tre meter mäktig profil genom blockhavet på Baseaerro (geomorfologiska kartan och fig. 3:21, lokal F och 3:22 a, profil I-J). Blockhavets yta består av mindre block och sten och kan anses representativt för blockhav med finmaterial (fig. 3:27). Inom området uppträder öar och ringar av finmaterial och lösmaterialackumulationer (jfr kap. 4).

Av skärningen (fig. 3:26) framgår att den översta halvmetern av profilen allra överst utgöres av block, som neråt ersättes av sten och grus. Under denna uppträder finmaterial och med ökat djup avtar andelen block och sten. I botten av profilen, tre meter under markytan, är materialet sorterat och utgöres huvudsakligen av sandig mo (fig. 3:28, kurva och lokal F). Siltfraktionen representerar närmare 20



Figur 3:23. Inom de absoluta toppområdena är blockhaven framvittrade ur den lokala berggrunden och här finns torliknande vittringsrester, vilka indikerar omfattande preglacial vittring. Foto från Skipskjölens högsta partier, 633 m.ö.h., på centrala Varangerhalvön (undersökningslokal L i fig. 3:21).

*Within the highest altitudes the block fields are weathered in situ and in these areas tor-like remnants of the local bedrock indicating extensive preglacial weathering can be seen. Photo from the highest altitudes of the mountain Skipskjölen, 633 m.a.s.l., in the central part of the Varanger Peninsula (research locality L in Fig. 3:21).*

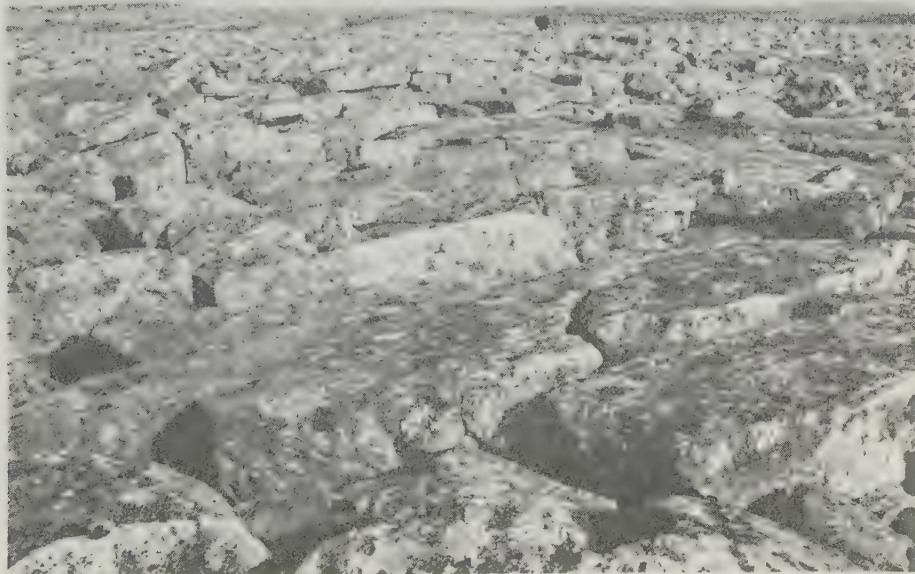


procent och enstaka block och stenar förekommer. Materialet under blockkappan i provgropen är spetthårt och omöjligt att gräva i med hjälp av enbart spade.

Blockmaterialet i provgropen består till hundra procent av kvartsitisk sandsten (fig. 3:28, lokal F), som också utgör den lokala berggrunden (kommentar: enstaka inslag av erratik har iakttagits men ger inte utslag i blockanalysen, där etthundra stenar och block räknats). Någon isräffling av materialet har inte iakttagits.

Karaktäristiskt för profilen är att allt material har en klar roströd färg, som inte har med det ingående bergartsmaterialets egenfärg i friskt klyft att göra. En del ingående stenar och block är så kraftigt vittrade att de nästan kan smulas sönder i handen.

Provgropen når inte underliggande berggrund, som dock ger



Figur 3:24. De inom krönområdena belägna blockhaven är autoktona och utgöres ibland av kubikmeterstora block, som brutits loss men flyttats bara någon enstaka meter. Få observationer av glacialslipning är gjorda inom dessa områden. Foto från Urdfjellet, 460 m.ö.h., ca 25 kilometer NV om Vadsö (undersökningslokal I i fig. 3:21).

*The block fields within the summit areas are autochthonous and sometimes built up of huge blocks shattered from the bedrock but transported a few metres only. There have been few observations of glacial erosion in these areas. Photo from the mountain Urdfjellet, 460 m.a.s.l., about 25 kilometres NW of Vadsö (research locality I in Fig. 3:21).*

intryck av att ligga ytterligare ett antal meter ner. Någon antydning till grundvatten i provgropens botten finns inte och profilen är genomgående påfallande torr.

En profil genom blockhavet på Buktkjölen (geomorfologiska kartan, fig. 3:21, lokal J och fig. 3:22 b, profil 11-12), ner till underliggande berggrund på 2,5 meters djup, visas i figur 3:29. Lokalen motsvarar den av Svensson (1967) utförligt beskrivna. Blockhavsytan motsvaras till sitt utseende av den från Basečaerö ovan beskrivna, med två undantag. Finmaterial kan inte urskiljas någonstans på lokalens yta. Polygonmönster förekommer och kan tydligt urskiljas på flygbilder och i fält (Svensson, 1967). Provgropen lades så, att den kom att täcka skärningspunkten mellan två polygonfårar (fig. 3:30).

Figuren 3:29 visar, att det vertikala snittet överst



Figur 3:25. I blockhaven inom flacka höjdplatåer och fjällsidor är blocken av sådan storlek, att de med handkraft går att rubba. Under blockhorisonten finns finmaterial (jfr figurerna 3:26-27 och 3:29). Foto från Buktkjölen 490 m.ö.h. ca elva kilometer SV om Båtsfjorden (undersökningslokal J i fig. 3:21).

*In the block fields within more or less horizontal plateaus and mountain slopes with small gradients the blocks are of such a size, that they can be moved by hand. Under the block horizon fines are found (cf. Figs. 3:26, 3:27 and 3:29). Photo from the mountain Buktkjölen, 490 m.a.s.l., about eleven kilometres to the SW of Båtsfjorden (research locality J in Fig. 3:21).*



Figur 3:26. Vertikal profil i blockhav med finmaterial. Den översta halvmeteren består av block, sten och grus. Under denna horisont uppträder finmaterial och andelen block och sten avtar med ökande djup (jfr figurerna 3:27, 3:28 och 5:4). Materialet är spetthårt och har en roströd färg, som inte överensstämmer med ingående bergartsmaterials egenfärg i friskt klyft. En del stenar och block är så kraftigt vittrade, att de kan smulas sönder i handen. Måttbandet är tre meter. Foto från BaseCaerro, 504 m.ö.h., ca 20 kilometer SV om Båtsfjorden (undersökningslokal F i fig. 3:21).

*Vertical cut into block field with fines. The uppermost horizon, half a metre thick, consists of blocks, stones and gravel. Under this horizon there are fines and the amount of blocks and stones decreases with increasing depth (cf. Figs. 3:27, 3:28 and 5:4). The material is so hard that it is impossible to dig it up with a spade, it also has a rust red colour not in accordance with the colour of fresh rock. Some stones and blocks are so strongly weathered that they can be crushed by hand. The tape measure is three metres. Photo from BaseCaerro, 504 m.a.s.l., about 20 kilometres to the SW of Båtsfjorden (research locality F in Fig. 3:21).*



består av en metermätigt blockkappa med enstaka stenar, och att det därunder finns en horisont på en knapp halvmeter bestående av stenigt grus. Resterande dryga meter ner till berggrunden består av vad som närmast kan liknas vid en stenig spetthård bottenmorän (fig. 3:28, kurva och lokal J). Gränserna mellan horisonterna är påfallande skarpa och polygonmönstret på blockhavsytan går att följa ner genom horisonterna nästan ända ner till berggrunden i form av kantställda block och stenar (fig. 3:29).

Blockmaterialet består till 95 procent av kvartsitisk sandsten vilket motsvarar den lokala berggrunden, och till 5 procent av lerskiffer, som anstår alldeles i närheten (fig. 3:28, lokal J och fig. 1:4). Block av urberg, som klassas som erratika (fig. 1:3-4), ger inte utslag i analysen men förekommer sporadiskt (<1 %). Isräffling av block



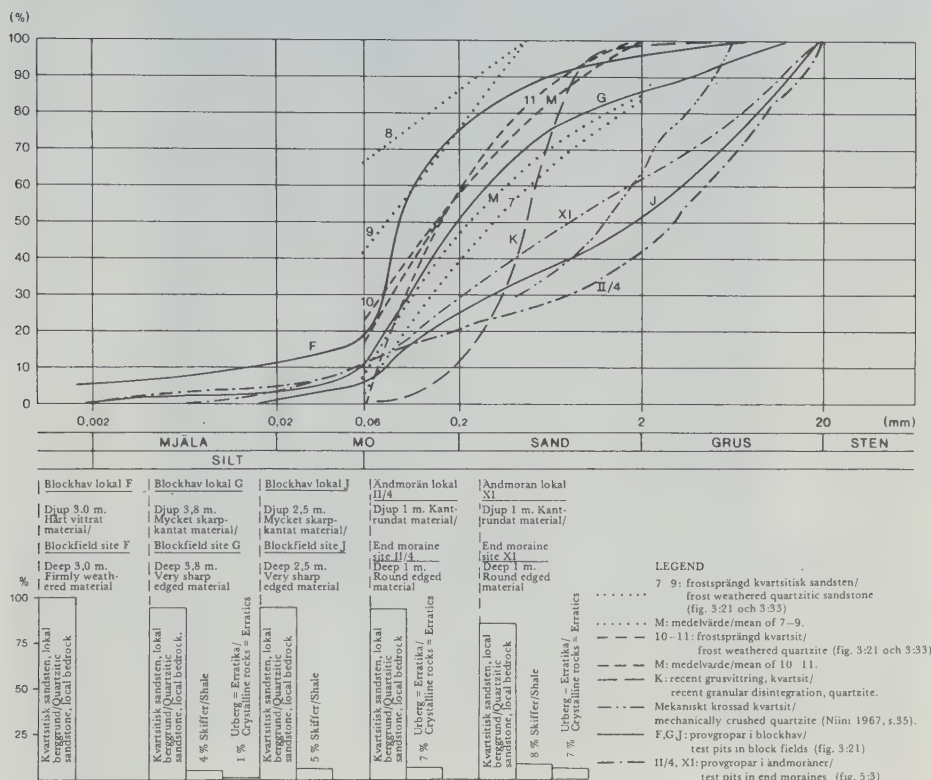
Figur 3:27. Platsen för provgropen i figur 3:26. Inom blockhav med finmaterial uppträder ibland ringar och öar av finmaterial i ytan (jfr kap. 4, fig. 3:21 och fig. 5:4). Foto från Baseaerro, 504 m.ö.h., ca tjugo kilometer SW om Båtsfjorden (undersökningslokal F i figur 3:21).

*The locality of the test pit in Figure 3:26. Within block fields with fines, rings and islands of fines can sometimes be observed (cf. Chapter 4 and Figs. 3:21 and 5:4). Photo from the mountain Baseaerro, 504 m.a.s.l., about 20 kilometres to the SW of Båtsfjorden (research locality F i Fig. 3:21).*



kan iakttas i ytan och Svensson (1967) beskriver isräfflor i anstående berggrund.

I profilen ingående grövre fraktioner är mycket skarpkant-



Figur 3:28. Figuren visar kornstorlekskurvor för jämförelser av material från experimentellt frostsprängda stenar (7-11), recent grusvittring i kvartssit (K), mekaniskt krossad kvartssit (Niini 1967, s. 35) och provgropar i blockhav (F, G och J) och ändmoräner (II/4 och XI). Dessutom redovisas blockanalyser utförda i provgroparna. Det djup, som är noterat i anslutning till blockanalyserna avser provgroparnas djup. Endast i ett fall, blockhavslokal J, når provgropen underliggande berggrund. För ytterligare information om materialet hänvisas, förutom till texten, till de i legenden angivna figurerna.

Figure illustrating grain size distribution curves for comparison of material from experimentally frost shattered stones (7-11), recent granular disintegration of quartzite (K), mechanically crushed quartzite (Niini 1967, p. 35) and test pits in block fields (F, G and J) and end moraines (II/4 and XI). Furthermore, block analyses carried out in the test pits are shown. The depth given above the block analyses refers to the test pits. In one case only, block field site J, did the test pit reach the bedrock. For more information refer to, except for the text, to the Figures indicated in the legend.



Figur 3:29. Vertikalt snitt i blockhav med finmaterial. Provgropen, som når berggrunden på ett djup av 2,50 meter, ligger i skärningspunkten mellan två polygonfårar (fig. 3:30), vilka kan följas ner till berget. Profilen visar överst en metermäktig blockkappa under vilken finns en knappt halvmeter tjock grushorizont. Resterande dryga meter ner till berggrunden består av ett spetthårt moränliknande material (jfr fig. 3:28) med påtagligt skarpkantat stenmaterial. Lattan är 1,40 meter. Foto på Buktkjölen, 490 m.ö.h., ca elva kilometer SW om Båtsfjorden (undersökningslokal J i fig. 3:21).

*Vertical cut in block field with fines. The test pit, reaching the bedrock at a depth of 2,50 metres, is dug at the intersection between two polygonal furrows (fig. 3:30), which can be traced down to the bedrock. The uppermost horizon, one meter thick, consists of blocks under which a horizon a little less than half a meter thick, of gravel can be seen. The lowermost horizon, slightly more than one meter thick, consists of a material similar to hard till (cf. fig. 3:28) with very sharp edged stones. The ruler is 1,40 metre. Photo from the mountain Buktkjölen, 490 m.a.s.l., about eleven kilometres to the SW of Båtsfjorden (research locality J in Fig. 3:21).*

tade och vassa, påminnande om sprängsten, och saknar spår efter glacialslipning.

Denna provgrop är den enda i blockhav med finmaterial, där den underliggande berggrunden påträffats. I provgropens basala delar sker ingen anmärkningsvärd ökning av inslaget av stenar och block och berggrundsytan är påtaglig. Berggrunden, som består av kvartsitisk sandsten, samma bergart som i blockanalysen (se ovan), är dock uppsprucken.

Provgropen är något fuktig i sina nedre delar, men någon antydning till grundvatten finns inte.

De ovan beskrivna lokalerna ligger i flack terräng. Ökar gradienten, speglas blockhavens finmaterialinnehåll i olika sluttningsformer som t.ex. blockströmmar, solifluktionslober och lavinblocktunga. Av den geomorfologiska kartan framgår att sådana former frekvent förekommer inom och i anslutning till blockhaven.

Figur 3:31 visar stora solifluktionslober på Laukvikdals-



Figur 3:30. Provgropen i figur 3:29 har tagits upp i skärningspunkten mellan två polygonfårar. Under en blockhorisont återfinns finmaterial, vilket dock inte kan iakttagas på ytan. Foto från Buktkjölen, 490 m.ö.h., ca elva kilometer SW om Båtsfjorden (undersökningslokal J i fig. 3:21).

*The test pit in Figure 3:29 has been dug at the intersection of two polygonal furrows. Under a block horizon there are fines, which cannot be seen on the block field surface. Photo from the mountain Buktkjölen, 490 m.a.s.l. about eleven kilometres to the SW of Båtsfjorden (research locality J in Fig. 3:21).*



fjelllets östra sida (geomorfologiska kartan och fig. 3:21, lokal E). Loberna är i fronten, som består av block, manshöga och sextiotalet meter breda. Längden är ca 20 meter. Uppströms blir materialet allt finare. Ingen eller lite vegetation förekommer. I övrigt är hela området täckt av block, men kraftigt uppsprucken berggrund kan här och var iakttagas. Inslaget av erratika är mindre än 1 procent men en del observationer av kantrundat material gjordes.

Figur 3:32 visar välutbildade lavinblocktunga i fjällsidan ovanför Sandfjorden öster om Laukvikdalsfjellet (geomorfologiska kartan). Tungorna klättrar upp på motsatta dalsidan i rörelseriktningen.

#### 3.4.3.4 Processer ansvariga för utbildning av blockhavens finmaterial

I samband med analyser av glaciala former, har ett större



Figur 3:31. Solifluktslober visar att blockhavet innehåller finmaterial. Foto från Laukvikdalsfjellet, 381 m.ö.h., ca fyra kilometer W om Sandfjord (undersökningslokal E i fig. 3:21).

*Solifluction lobes illustrating that fines exist within the block field. Photo from the mountain Laukvikdalsfjellet, 381 m.a.s.l., about four kilometres to the W of Sandfjord (research locality E in Fig. 3:21).*



antal provgropar tagits upp i anslutning till randbildningar (fig. 5:3). I två fall (fig. 5:3), inom randlägena vid Al'ljavaejjokka respektive Oksevatnet, överensstämmer bergartsfördelningen vid blockanalyserna väl med motsvarande erhållen bergartsfördelning inom blockhaven på Baseaerro respektive Buktkjölen. Kornstorlekskurvor på randlägenas moränjordar har tagits med för jämförelser med fraktionskurvor på finmaterial i blockhav. Kurvorna på moränmaterialet (II/4 och XI), med tillhörande blockanalyser, presenteras tillsammans med bl.a. blockhavsmaterialanalyserna i figur 3:28.

Niini (1967) har utfört experiment rörande mekanisk nedbrytning av olika bergarter genom krossning och malning och resultaten presenteras i form av kornstorlekskurvor (s. 35). Författaren kommenterar del av resultaten enligt följande (s. 37): "Because of its coarser product, which resembles glacial till, the crushing reflects the natural wearing down of bedrock better than grinding ..." Kornstorlekskurvan, som motsvarar mekanisk uppkrossning av kvartsit



Figur 3:32. Lavinblocktungor i Laukvikdalsfjellets (381 m.ö.h.) sydostsida vid Sandfjord (undersökningslokal E i fig. 3:21). Närvaron av finmaterial i tungorna visar att sådant existerar i omgivande blockhav.

*Avalanche boulder tongues on the south-east facing mountain slope of Laukvikdalsfjellet (research locality E in Fig. 3:21). The presence of fines within the tongues illustrates their existence in the surrounding block fields.*

i experimentet, presenteras i figur 3:28 för jämförelser med övriga kurvor. Jämför även Haldorsen (1978 och 1981).

### Experimentell frostvittring

Ovan (kap. 3.2.3.1) har redogjorts för laboratorieexperiment utförda av Tricart (1956), Wiman (1963), Martini (1967), Potts (1970) och Lautridou (1971) för att påvisa och kvantifiera frostsprängning. Liknande experiment har genomförts i föreliggande arbete med inriktning på bergarter från Varangerhalvön (kap. 3.4.2.3).

Valet av provtagningslokaler för de egna experimenten har spritts över Varangerhalvön (fig. 3:21, lokalerna 1-13), så att de vanligast förekommande bergarterna representerats (fig. 3:33). Ytterligare några bergarter finns dock representerade i experimenten. Resultaten av försöken redovisas i (fig. 3:34).

| Prov Lokal/<br>Sample site<br>(nr) | Lokalnamn/<br>Name of sampling locality | Lokalbeskrivning/<br>Description of sampling locality | Bergartsprov/<br>Rock sample | Lokal berggrund/<br>Local bedrock | Ann./N.B.                                                  |
|------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1                                  | Nesseby, kustbrant                      | bergskärning                                          | tillit                       | tillit                            | från fast klyft                                            |
| 2                                  | Nesseby, kustbrant                      | bergskärning                                          | tillit                       | tillit                            | från fast klyft                                            |
| 3                                  | Nesseby, kustbrant                      | bergskärning                                          | tillit                       | tillit                            | från fast klyft                                            |
| 4                                  | Udfeillet, topp                         | blockhav med finmaterial                              | dolomit                      | kvartsit                          | erratika från blockhavsytta                                |
| 5                                  | Maddavari, höjtplatå                    | blockhav med finmaterial                              | lersten                      | lersten (bl.a.)                   | lös sten från blockhavsytta                                |
| 6                                  | Maddavari, höjtplatå                    | blockhav med finmaterial                              | lersten                      | lersten (bl.a.)                   | lös sten från blockhavsytta                                |
| 7                                  | N. Flinteåva, dalsida                   | bergskärning                                          | kvartsitisk sandsten         | tillit                            | från fast klyft, ej i överensstämmelse med berggrundskarta |
| 8                                  | Buktjölén, rygg                         | blockhav med finmaterial                              | kvartsitisk sandsten         | kvartsitisk sandsten              | lös sten från provgrop i blockhav med finmaterial          |
| 9                                  | Basecaero, höjtplatå                    | blockhav med finmaterial                              | kvartsitisk sandsten         | kvartsitisk sandsten              | lös sten från provgrop i blockhav med finmaterial          |
| 10                                 | Kjölindén, topp                         | blockhav utan finmaterial                             | kvartsit                     | kvartsit                          | lös sten från blockhavsytta                                |
| 11                                 | Falkfjellet, sida                       | blockhav med finmaterial                              | kvartsit                     | kvartsit                          | lös sten från blockhavsytta                                |
| 12                                 | Falkfjellet, sida                       | blockhav med finmaterial                              | kvartsit                     | kvartsit                          | lös sten från blockhavsytta                                |
| 13                                 | Basecaero, höjtplatå                    | blockhav med finmaterial                              | kvarts                       | kvartsitisk sandsten              | erratika från blockhavsytta                                |

Figur 3:33. Sammanställning och beskrivning av provtagningslokaler för bergartsprover använda vid frysexperiment i laboratorium. För geografiskt läge hänvisas till figur 3:21 och geomorfologiska kartan (bilaga). Jämför även med berggrundskartan (fig. 1:4).

*Description of sampling localities and rock samples for experimental frost weathering. For geographical position, please refer to Figure 3:21 and the geomorphological map (Appendix).*

Av resultattabellen framgår att vittringspåverkan understiger en procent av provvikten i tolv av de tretton fallen, och av dessa tolv uppvisar åtta en vittringspåverkan, som är mindre än 1/10 procent av originalvikten. I två fall, prov 12 och 13, är vittringspåverkan så liten, att ytterligare beräkningar inte kunnat utföras. Vittringspåverkan är störst på tillit och dolomit, och minst på kvartsit och ren kvarts vilket knappast förvånar.

| Prov/<br>lokal/<br>Sample/<br>site | Bergart/<br>Rocktype  | Vittr.<br>miljö/<br>Weathering<br>environment | Prov-<br>vikt/<br>Original<br>weight of<br>sample | Prov-<br>volym/<br>Volume<br>of sample | Prova-<br>yta/<br>Area of<br>sample | Dens-<br>itet/<br>Densi-<br>ty | Vittr.-<br>prod.<br>vikt/<br>Weight of<br>weathering<br>products | Vittr.-<br>prod. i %<br>av provvikt/<br>Weathering<br>products in<br>% of orig.<br>weight | Vittr.-<br>prod.<br>volym/<br>Volume of<br>weathering<br>products | Vittringsprodukternas<br>vikt efter korntorlek/<br>Weights of weathering<br>products within different<br>fractions |                         |                 |              | Vittringsprodukternas<br>kornstorleksfördelning/<br>Percentages of weathering<br>products within different<br>fractions |                         |                 |              | Hypotetisk<br>bedrock<br>degradation | Ann./<br>begrunds-<br>degration/<br>Hypothetical<br>Rem. |
|------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|--------------|--------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|                                    |                       |                                               |                                                   |                                        |                                     |                                |                                                                  |                                                                                           |                                                                   | (g)                                                                                                                |                         |                 |              | (%)                                                                                                                     |                         |                 |              |                                      |                                                          |
| Nr                                 |                       |                                               | (g)                                               | (cm <sup>3</sup> )                     | (cm <sup>2</sup> )                  | g/cm <sup>3</sup> (g)          | (g)                                                              | (%)                                                                                       | (cm <sup>3</sup> )                                                | <0.06<br>(mm)                                                                                                      | 0.06-0.5<br>(mm)        | 0.5-2.0<br>(mm) | >2.0<br>(mm) | <0.06<br>(mm)                                                                                                           | 0.06-0.5<br>(mm)        | 0.5-2.0<br>(mm) | >2.0<br>(mm) | mm/kg/<br>mm/year                    |                                                          |
| 1                                  | Tällit                | Fukt/<br>Humid                                | 92,84                                             | 38                                     | 65,23                               | 2,4                            | 1,09                                                             | 1,17                                                                                      | 0,45                                                              | 0,01                                                                                                               | 0,05                    | 0,05            | 0,98         | (0,9)                                                                                                                   | 4,6                     | 4,6             | 89,9         | 0,07                                 | a)                                                       |
| 2                                  | Tällit                | Våt/<br>Water                                 | 360,3                                             | 174                                    | 188,2                               | 2,1                            | 1,02                                                             | 0,28                                                                                      | 0,49                                                              | 0,04                                                                                                               | 0,29                    | 0,36            | 0,32         | 3,9                                                                                                                     | 28,4                    | 35,3            | 31,4         | 0,03                                 |                                                          |
| 3                                  | Tällit                | Våt                                           | 544,8                                             | 225                                    | 233,4                               | 2,4                            | 1,08                                                             | 0,20                                                                                      | 0,45                                                              | 0,04                                                                                                               | 0,48                    | 0,30            | 0,26         | 3,7                                                                                                                     | 44,4                    | 27,8            | 24,1         | 0,02                                 |                                                          |
| 4                                  | Dolomit               | Våt                                           | 1037,2                                            | 384                                    | 319,2                               | 2,7                            | 2,59                                                             | 0,25                                                                                      | 0,96                                                              | 0,51                                                                                                               | 0,63                    | 0,23            | 1,20         | 19,7                                                                                                                    | 24,3                    | 8,9             | 46,3         | 0,03                                 |                                                          |
| 5                                  | Lersten/<br>Claystone | Fukt                                          | 72,21                                             | 30                                     | 68,3                                | 2,4                            | 0,05                                                             | 0,07                                                                                      | 0,02                                                              | 0,01                                                                                                               | 0,03                    | 0,01            | 0            | (20,0)                                                                                                                  | 60,0                    | 20,0            | 0            | 0,003                                |                                                          |
| 6                                  | Lersten               | Våt                                           | 612,1                                             | 212                                    | 250,9                               | 2,9                            | 0,17                                                             | 0,03                                                                                      | 0,06                                                              | 0,04                                                                                                               | 0,09                    | 0,03            | 0            | 23,5                                                                                                                    | 52,9                    | 17,7            | 0            | 0,002                                |                                                          |
| 7                                  | Kvart                 | Våt                                           | 329,8                                             | 112                                    | 189,7                               | 3,0                            | 0,54                                                             | 0,16                                                                                      | 0,18                                                              | 0,01                                                                                                               | 0,32                    | 0,12            | 0,07         | 1,9                                                                                                                     | 59,3                    | 22,2            | 13,0         | 0,01                                 |                                                          |
| 8                                  | Kvart                 | Våt                                           | 75,01                                             | 21                                     | 60,7                                | 3,6                            | 0,03                                                             | 0,04                                                                                      | 0,01                                                              | 0,02                                                                                                               | 0,01                    | 0               | 0            | 66,7                                                                                                                    | 33,3                    | 0               | 0            | 0,002                                |                                                          |
| 9                                  | Kvart                 | Våt                                           | 151,02                                            | 54                                     | 95,1                                | 2,8                            | 0,05                                                             | 0,03                                                                                      | 0,02                                                              | 0,02                                                                                                               | 0,03                    | 0               | 0            | 40,0                                                                                                                    | 60,0                    | 0               | 0            | 0,002                                |                                                          |
| 10                                 | Kvartit               | Våt                                           | 176,67                                            | 56                                     | 113,8                               | 3,2                            | 0,13                                                             | 0,07                                                                                      | 0,04                                                              | 0,03                                                                                                               | 0,07                    | 0,03            | 0            | 23,1                                                                                                                    | 53,8                    | 23,1            | 0            | 0,004                                |                                                          |
| 11                                 | Kvartit               | Våt                                           | 713,9                                             | 239                                    | 368,5                               | 3,0                            | 0,06                                                             | 0,01                                                                                      | 0,02                                                              | 0                                                                                                                  | 0,05                    | 0,01            | 0            | 0                                                                                                                       | 83,3                    | 16,7            | 0            | 0,001                                |                                                          |
| 12                                 | Kvartit               | Fukt                                          | 111,35                                            | 42                                     | 86,2                                | 2,7                            | 0,01                                                             | 0,01                                                                                      | 0,01                                                              | -                                                                                                                  | -                       | -               | -            | -                                                                                                                       | -                       | -               | -            | ( 0,001)                             | b)                                                       |
| 13                                 | Kvart                 | Våt                                           | 205,20                                            | 77                                     | 111,6                               | 2,7                            | 0,01                                                             | 0,01                                                                                      | 0,01                                                              | -                                                                                                                  | -                       | -               | -            | -                                                                                                                       | -                       | -               | -            | ( 0,001)                             | b)                                                       |
|                                    |                       |                                               |                                                   |                                        |                                     |                                |                                                                  |                                                                                           |                                                                   | Silt                                                                                                               | Fin-<br>mellan-<br>sand | Grov-<br>sand   |              | Silt                                                                                                                    | Fin-<br>mellan-<br>sand | Grov-<br>sand   |              |                                      |                                                          |

Figur 3:34. Sammanställning av resultat erhållna vid frys-experiment utförda på olika bergarter från Varangerhalvön. Proven har utsatts för 40 isländska frostcykler om vardera 24 timmar och i två olika vittringsmiljöer, våt och fuktig. Hypotetisk berggrundsdegradation avser framräknade värden per år vid 40 frostcykler under de specifika förhållanden, som rådit under experimentens utförande. För närmare uppgifter om prover och provtagningslokaler, se figurerna 3:21 och 3:33 och för resultatsammanställning, se figurerna 3:28 och 3:35-36.

a) 89,9 % av vittringsprodukterna utgöres av tre bitar >2,0 millimeter

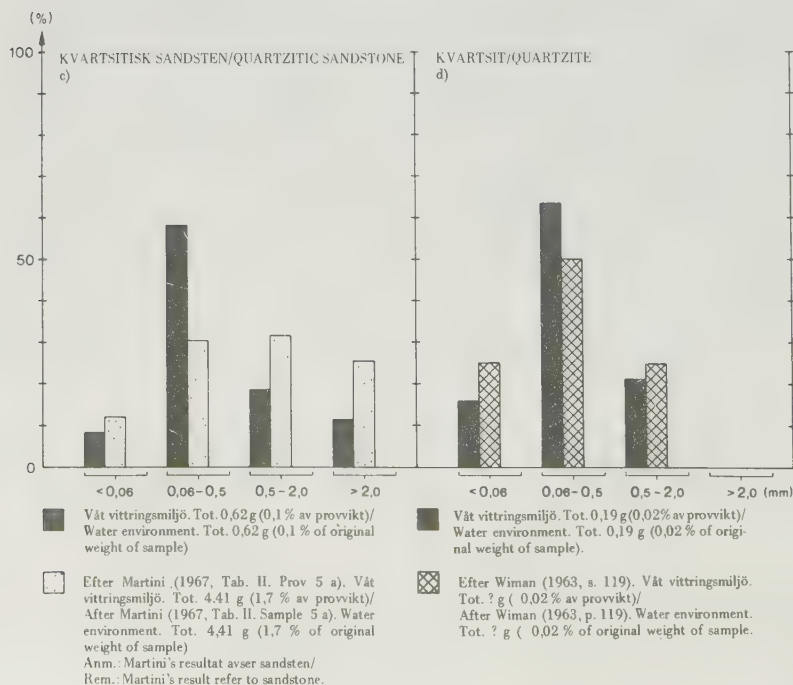
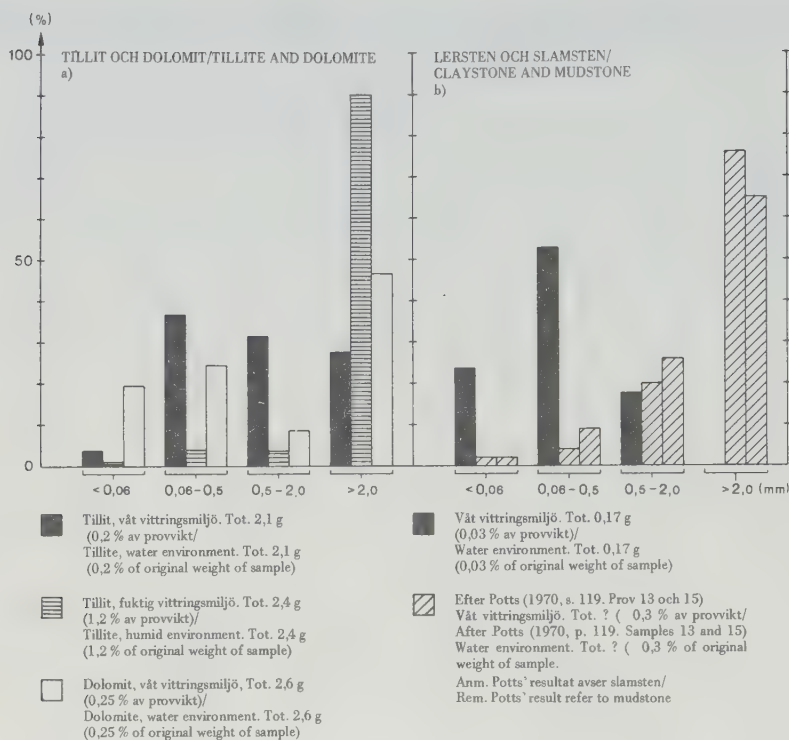
b) otillräckligt med vittringsmaterial för kornstorleksanalys

*Results from experimental frost weathering carried out on different rock samples from the Varanger Peninsula. The samples have been exposed to 40 Icelandic frost cycles, each lasting about 24 hours, in two different weathering environments, water and humid respectively. Hypothetical bedrock degradation means calculated values per year and 40 frost cycles under experimental conditions. For more information about the samples and the sampling localities, see Figures 3:21 and 3:33 and for the results, see Figures 3:28 and 3:35-36).*

a) 89,9 percent of weathering products constitute three pieces >2,0 millimeter

b) amount of weathering products too small for fraction analyses.

Av tabellen (fig. 3:34) framgår vidare, när det gäller tillgången på vatten under experimentens genomförande, att endast tre prover av totalt tretton genomgått försöken i simulerad fuktig vittringsmiljö. Dessa tre prover representerar lika många bergartsgrupper av totalt sex. I två av fallen, prov nummer 1 och 5, har erhållits mera vittringsmaterial, i procent av provvikten, än motsvarande försök i vatten. Det tredje fallet, prov nummer 12, visar rakt





motsatt resultat.

När det gäller vittringsprodukternas kornstorleksfördelning, har anmärkningsvärt stora andelar av siltfraktionen erhållits, när det gäller två (prov nummer 8 och 9) av de tre proverna av kvartsitisk sandsten. Kornstorleksfördelningarna presenteras grafiskt i figurerna 3:35 a-d och 3:36 a-e.

Bergarternas totala yta har beräknats, såväl som volymen av de erhållna vittringsprodukterna (fig. 3:34). Vad angår den sistnämnda bör noteras, att värdena inte direkt är uppmätta utan beräknade, vilket innebär att volymvärdena är direkt relaterade till respektive bergarts densitet.

Ovanstående beräkningar har utförts för att ge möjlighet att räkna ut vilken hypotetisk bergartsdegradation, som vittringspåverkan motsvarar. Samtliga värden understiger 0,03 millimeter per år med undantag av prov nummer 1, tillit. Det sistnämnda högsta värdet, 0,07 millimeter per år, kan vara tvivelaktigt, eftersom närmare nittio procent av erhållet vittringsmaterial består av tre stycken bitar större än två millimeter.

Framräknade hypotetiska berggrundsdegradationsvärden för kvartsit respektive kvartsitisk sandsten ligger genomsnittligt på några tusendels millimeter per år.

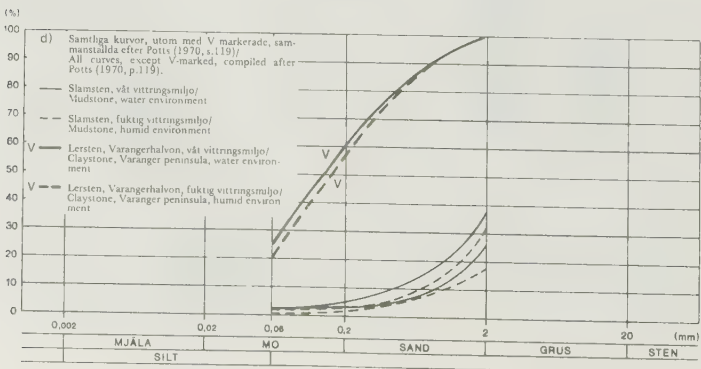
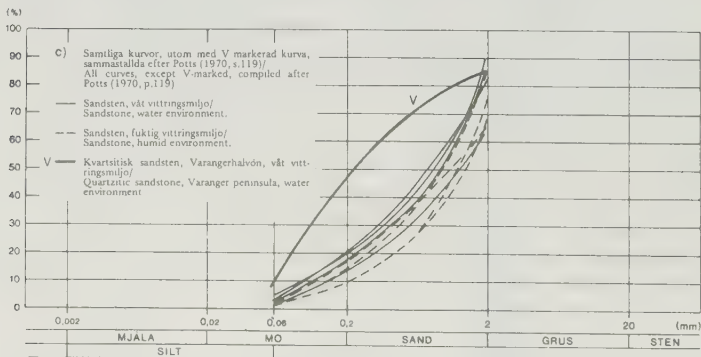
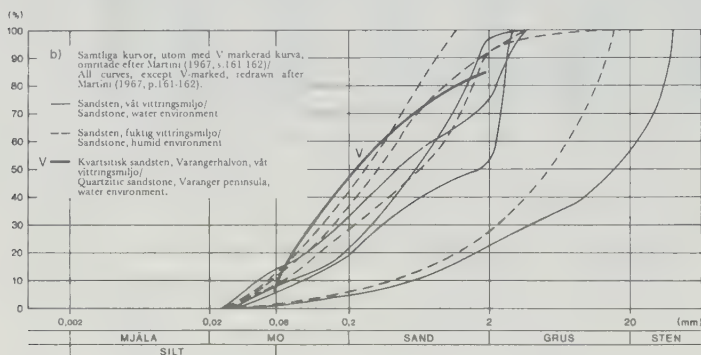
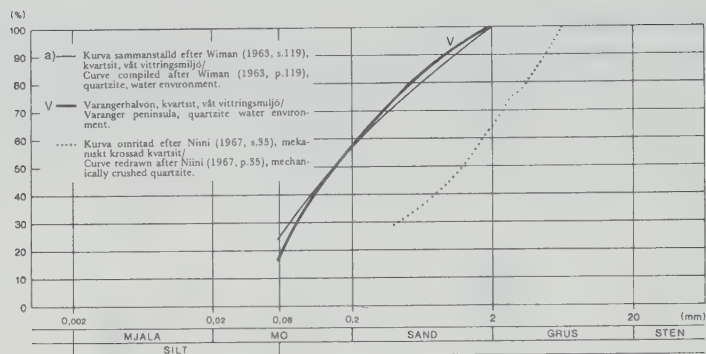
Resultaten från de utförda frysexperimenten har jämförts med värden, som Wiman (1963), Martini (1967) och Potts (1970) har presenterat (fig. 3:35 a-d och 3:36 a-e). Endast resultat där bergartsproverna kan antas, i någon mån, överensstämma med de från Varangerhalvön har medtagits.

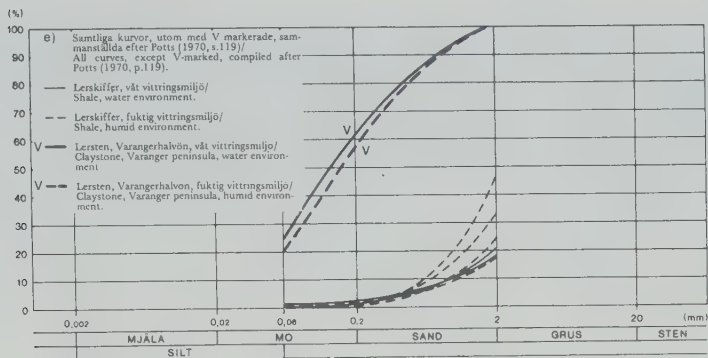
Vad gäller vittringspåverkan för kvartsit, finns god överensstämmelse mellan egna resultat och de av Wiman (1963) presenterade (fig. 3:35 d) och här noteras även god överensstämmelse vid jämförelser av kornstorleksfördel-

---

Figur 3:35 a-d. Histogram visande kornstorleksfördelningar hos vittringsmaterial från frysexperiment. Dessa är utförda på olika bergartsprover från Varangerhalvön och jämföres med andra författares resultat. Svarta staplar för tillit (våt vittringsmiljö), kvartsitisk sandsten och kvartsit visar medelvärden. Se även figurerna 3:28, 3:33-34 och 3:36.

*Histograms of the grain size distribution of weathering products from experimental frost weathering carried out on rock samples from the Varanger Peninsula and comparison with the results of other authors. Black columns of tillite (water environment), quartzitic sandstone and quartzite illustrate mean values. Also see Figures 3:28, 3:33-34 and 3:36.*





Figur 3:36 a-e. Kornstorleksfördelningar av vittringsmaterial erhållet genom experimentella frostsprängningsstudier av kvartsit (a), sandsten/kvartsitisk sandsten (b och c), slamsten/lersten (d) och lersten/lerskiffer (e) i laboratorium. Kurvorna markerade med "V" och kraftigare linje avser resultat (medelvärden) från experiment utförda av författarna på bergartsmaterial från Varangerhalvön. Övriga kurvor utgör sammanställningar av uppgifter från Wiman (1963, s. 119), Potts (1970, s. 119) och Martini (1967, s. 161-162). I det sistnämnda fallet är författarens kurvor endast omritade. Kurvorna från Varangerhalvön och Wiman (op. cit.) baseras på endast fyra punkter. Se även figurerna 3:28, 3:33, 3:34 och 3:35.

*Grain size distribution curves of weathering material from experimental frost weathering studies carried out on quartzite (a), sandstone/quartzitic sandstone (b and c), mudstone/claystone (d) and claystone/shale (e) in laboratory. The curves marked with the letter "V" (thick curve) illustrate results (average values) from experiments on rock material from the Varanger Peninsula carried out by the authors. All the other curves are compilations of values given by Wiman (1963, p. 119), Potts (1970, p. 119) and Martini (1967, p. 161-162). Concerning the last mentioned author, the curves are only redrawn. The curves from the Varanger Peninsula and from Wiman (op. cit.) are based on only four points (average values). See also Figures 3:28 and 3:33-35.*

ningarna (fig. 3:35 d och fig. 3:36 a). I figuren 3:36 a har även lagts in kurvan visande Niinis (1967) resultat av mekanisk uppkrossning av kvartsit. Det på detta sättet framställda finmaterialet är betydligt grövre än det genom frostvittringsförsök erhållna.

För jämförelser av frostvittringsförsök på kvartsitisk sandsten, finns inga resultat att jämföra med, utan i stället har Martinis (1967) respektive Potts (1970) värden för sandsten använts. För vittringspåverkan (fig. 3:35 c) är överensstämmelsen dålig, vilket kan förklaras av skillnaden i bergarter. Överensstämmelsen mellan fraktionskurvorna varierar (fig. 3:35 c och fig. 3:36 b och c). Av

figuren 3:36 b framgår, att några av Martinis (1967) kurvor för vittringsprodukter av sandsten stämmer väl överens med motsvarande kurva för kvartsitisk sandsten från Varangerhalvön. För lersten/slamsten (fig. 3:35 b och fig. 3:36 d) och lerskiffer (fig. 3:36 e) finns ingen likhet i vare sig vittringspåverkan eller kornstorlekskurvor för vittringsmaterial vid jämförelse mellan olika författares resultat och egna.

Fraktionskurvorna för vittringsprodukter, erhållna genom frostvittringsexperiment på kvartsiter respektive kvartsitiska sandstenar från Varangerhalvön (fig. 3:34), har lagts in i figur 3:28 för jämförelser med bl.a. kurvorna över blockhavens finmaterial.

#### 3.4.3.5 Indikationer på nedisning inom blockhavsområdena

För att framhäva observationer av isräfflor och rundhällar, har dessa extraherats ur den geomorfologiska kartan (bilaga) och lagts in på blockhavskartan (fig. 3:21). Av denna framgår att iakttagelser av isräfflor i fast berg är gjorda inom blockhavsområden, men att det stora flertalet observationer är gjorda utanför blockhaven och då med preferens för sydkusten. Blockhavskartan skall kompletteras med en viktig räffelobservation gjord av Svensson (1967) på Buktkjölen, i nära anslutning till ovan (kap. 3.4.3.3) beskrivna lokal J (fig. 3:21). Räffelriktningen är okänd. Räfflor har dessutom iakttagits på lösa block inom blockhaven (jfr ovan kap. 3.4.3.5). Rundhällar har inte iakttagits inom blockhaven. Jämför kapitlen 5.3.3.3 och 5.3.4.2.

Erratika (= urberg) förekommer inom samtliga blockhav på halvön, men större inslag än en procent har aldrig noterats. Halten erratika från ett antal lokaler inom Varangerhalvön framgår av figuren 5:4, som visar att mest främningar finns på halvöns sydliga delar och i de stora dalförena. Inom de norra delarna finns lika lite erratika i dalförena som i blockhaven, med något undantag.

Välutbildade laterala, glacifluviala dräneringsrännor finns inom eller i anslutning till flera blockhavsområden (geomorfologiska kartan) och som exempel kan anges Grythaugen, Falkfjellet (fig. 3:37), Urdfjellet (fig. 3:38), Kjöltindan, Skipskjölen (fig. 3:39), Maddavarri och Jakobselvvidda. Sporadiskt kan frispolad berggrund iakttagas i rännornas bottnar. Den är då uppsprucken (fig. 3:38). Denna typ av fossil dränering är mycket vanligare och mera välut-





Figur 3:37. Vertikal flygbild över Falkfjellets västra delar (jfr geomorfologiska kartan och figurerna 3:16 och 3:39). Inom området finns välutbildade israndrännor, varav en del faller inom blockhaven, som tecknas i vitt och ljusgrått. Rännorna visar, förutom hur smältvatten dränerats utmed iskanten, även på betydelsefulla transportvägar för finmaterial ut och bort från de nuvarande blockhaven. Ungefärlig skala är 1:60 000 (originalskalan är ungefär 1:35 000). Flygfoto Fjellanger-Wideröe A/S, Oslo.

Vertical aerial photograph from the western parts of the mountain Falkfjellet (compare the geomorphological map and the Figures 3:16 and 3:39). Well formed ice margin drainage channels can be seen in the area, some of them within the block fields which are depicted white and light grey. The channels constitute, except for the ice directed drainage, important transport tracks for fines out and away from the present block fields. Approximate scale is 1:60 000 (approximate original scale is 1:35 000). Airphoto by Fjellanger-Wideröe A/S, Oslo.

bildad på Varangerhalvöns sydvästra halva jämfört med den nordöstra (jfr kap. 5.3.3.4 och 5.3.4.3.

### 3.4.3.6. Indikationer på recent blockhavsbildning

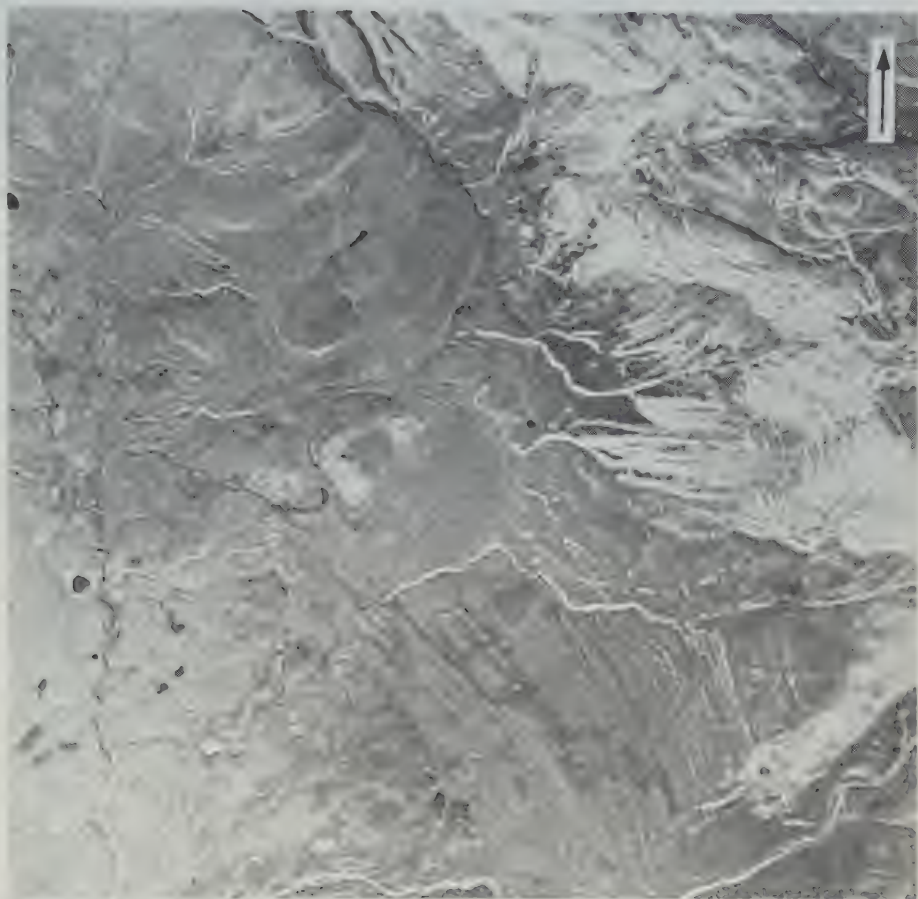
Inom blockhaven kan frekvent iakttas dels stenar och block, som nyligen har blivit söndersprängda (fig. 3:40), dels stenar och block, som berörts av den årliga tjälen. Det sistnämnda gäller blockhav med finmaterial och kan lätt avgöras med hjälp av lavtäckningen.

En observation av recent grusvittring i kvartsit har gjorts på Skipskjölens sydvästra del (fig. 3:21, lokal K och fig. 3:41). Markgren (1962, s. 15-16) rapporterar lik-



Figur 3:38. I en del av de glaciofluviala dräneringsrännorna kan frispolad berggrund iakttagas. Den är i samtliga fall uppsprucken vilket indikerar sen- och postglaciala vitteringsprocesser. Jämför även figurerna 3:37 och 3:39. Foto från Urdfjellets (460 m.ö.h.) nordvästsida ca 25 kilometer NV om Vadsö (undersökningslokal I i fig. 3:21).

*In some of the glaciofluvial drainage channels bedrock washed by running water can be observed. The bedrock is always shattered indicating late- and postglacial weathering processes. Also compare Figures 3:37 and 3:39. Photo from the north-west facing slope of the mountain Urdfjellet (460 m.a.s.l.), about 25 kilometres to the NW of Vadsö (research locality I in Fig. 3:21).*



Figur 3:39. Vertikal flygbild över Skipskjölen och dess sluttningslinje (jfr geomorfologiska kartan och figurerna 3:16 och 3:37). Blockhaven tecknas vita och ljusgråa och återfinnes i högra delen av bilden. De detekteras lättare i Landsat FCC. I bildens nedre högra hörn framträder välutbildade isrändrännor. Ungefärlig skala är 1:97 000 (originalskalan är ungefär 1:60 000). Flygfoto Fjellanger-Wideröe A/S, Oslo.

Vertical aerial photograph from the south-western slope of the mountain Skipskjölen (compare the geomorphological map and the Figures 3:16 and 3:37). Block fields, depicted in white and light grey, can be seen on the right hand side of the picture. They are more easily detected in Landsat FCC. In the lower right corner of the picture, well developed ice margin drainage channels can be traced. Approximate scale is 1:97 000 (approximate original scale is 1:60 000). Airphoto by Fjellanger-Wideröe A/S, Oslo.





Figur 3:40. Både inom och utom blockhaven kan iakttagas recent söndersprängda stenar och block vilket indikerar viss recent blockhavsbildning. Foto från Falkfjellet, 545 m.ö.h., knappt 20 kilometer NNO om Vadsö (undersökningslokal N i fig. 3:21).

*Both inside and outside the block fields recently shattered stones and blocks can frequently be observed, illustrating, to a certain degree, recent formation of block fields. Photo from the mountain Falkfjellet, 545 m.a.s.l., somewhat less than 20 kilometres to the NNE of Vadsö (research locality N in Fig. 3:21).*

nande grusvittring (fig. 3:21, lokaler markerade RGM) från Karlebotn- och Trollfjordsområdena (det sistnämnda gäller "Kanglefjells antiklinalbäcken" enligt Markgren 1962, s. 15).

#### 3.4.3.7 Blockhavens grad av lavtäckning

Av både den geomorfologiska kartan (bilaga) och blockhavs-kartan (fig. 3:21) framgår att lavtäckningen delats i två klasser, lavrika och lavfattiga blockhav (fig. 3:42). Utgångspunkten vid urskiljandet av de båda klasserna har varit en gräns för 50 procents täckningsgrad. I praktiken har det visat sig att täckningsgraden inom lavrika blockhavsområden överstiger ca 80 procent (fig. 3:43) och inom lavfattiga är täckningen mindre än ca 20 procent (fig.





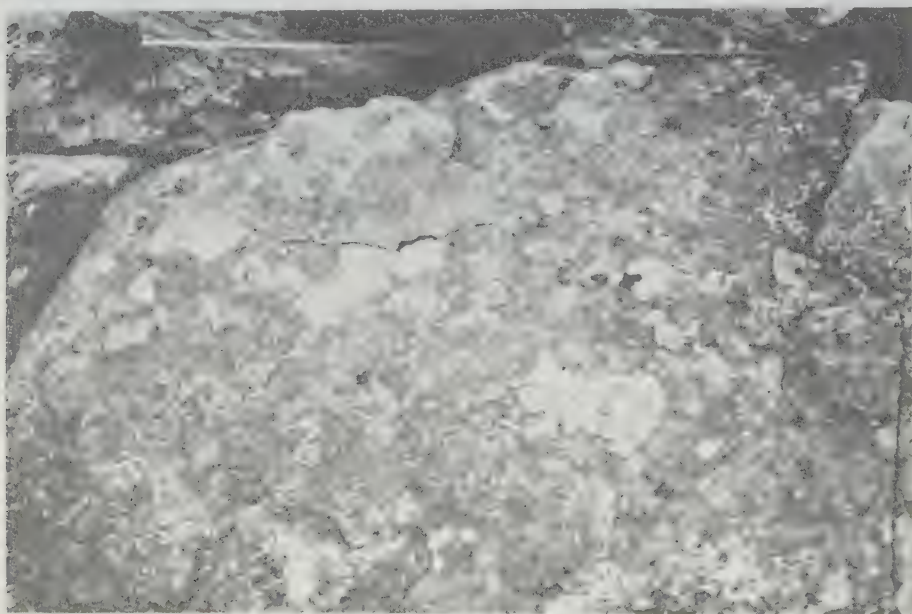
Figur 3:41. Recent grusvittring illustrerar pågående vitt-ringsprocesser. Foto från Sipskskjölens, 633 m.ö.h., syd-västra del på centrala Varangerhalvön (undersökningslokal K i fig. 3:21).

*Recent, granular disintegration illustrating present weathering processes. Photo from the south-west facing slopes of the mountain Sipskskjölen, 633 m.a.s.l., in the central part of the Varanger Peninsula (research locality K in Fig. 3:21).*



Figur 3:42. Foto från blockhaven på Falkfjellet, 545 m.ö.h., knappt 20 kilometer NNO om Vadsö. Bilden visar övergångszonen mellan områden med kraftig lavtäckning (täckningsgrad överstigande ca 80 %) i förgrunden och områden med gles lavtäckning (täckningsgrad understigande ca 20 %). Jämför figurerna 3:16, 3:21, 3:43 och 3:44.

*Photo from the block fields of the mountain Falkfjellet, 545 m.a.s.l., somewhat less than 20 kilometres to the north north-east of Vadsö. The picture illustrates the intermediate zone between areas with dense lichen cover (surface covered to more than approx. 80 %) in the foreground and areas with sparse lichen cover (surface covered to less than approx. 20 %). Cf. Figures 3:16, 3:21 and 3:43-44.*



Figur 3:43. Detaljfoto från blockhaven i figur 3:42. Bilden visar ett block med kraftig lavtäckning (täckningsgrad överstigande ca 80 %). Måttbandet i bildens övre del är en meter. Jämför figurerna 3:16, 3:21, 3:42 och 3:44.

*Detailed photo from the block fields in Figure 3:42. The picture illustrates a block with dense lichen cover (surface covered to more than approx. 80 %). The tape measure at the top is one meter. Cf. Figures 3:16, 3:21, 3:42 and 3:44).*

3:44).

Av den totala blockhavsytan om drygt 1 700 km<sup>2</sup>, uppvisar ca 350 km<sup>2</sup> en påtagligt lägre grad av lavtäckning jämfört med övriga blockhavsytor, som följdaktligen utgör knappa 80 procent av allt blockhav och har en hög grad av lavbekläd-



Figur 3:44. Detaljfoto från blockhaven i figur 3:42. Bilden visar ett block med gles lavtäckning (täckningsgrad understigande ca 20 %). Måttbandet i bildens övre del är en meter. Jämför figurerna (3:16, 3:21, 3:42 och 3:43).

*Detailed photo from the block fields in Figure 3:42. The picture illustrates a block with sparse lichen cover (surface covered to less than approx. 20 %). The tape measure at the top is one meter. Cf. Figures 3:16, 3:21, 3:42 and 3:44.*

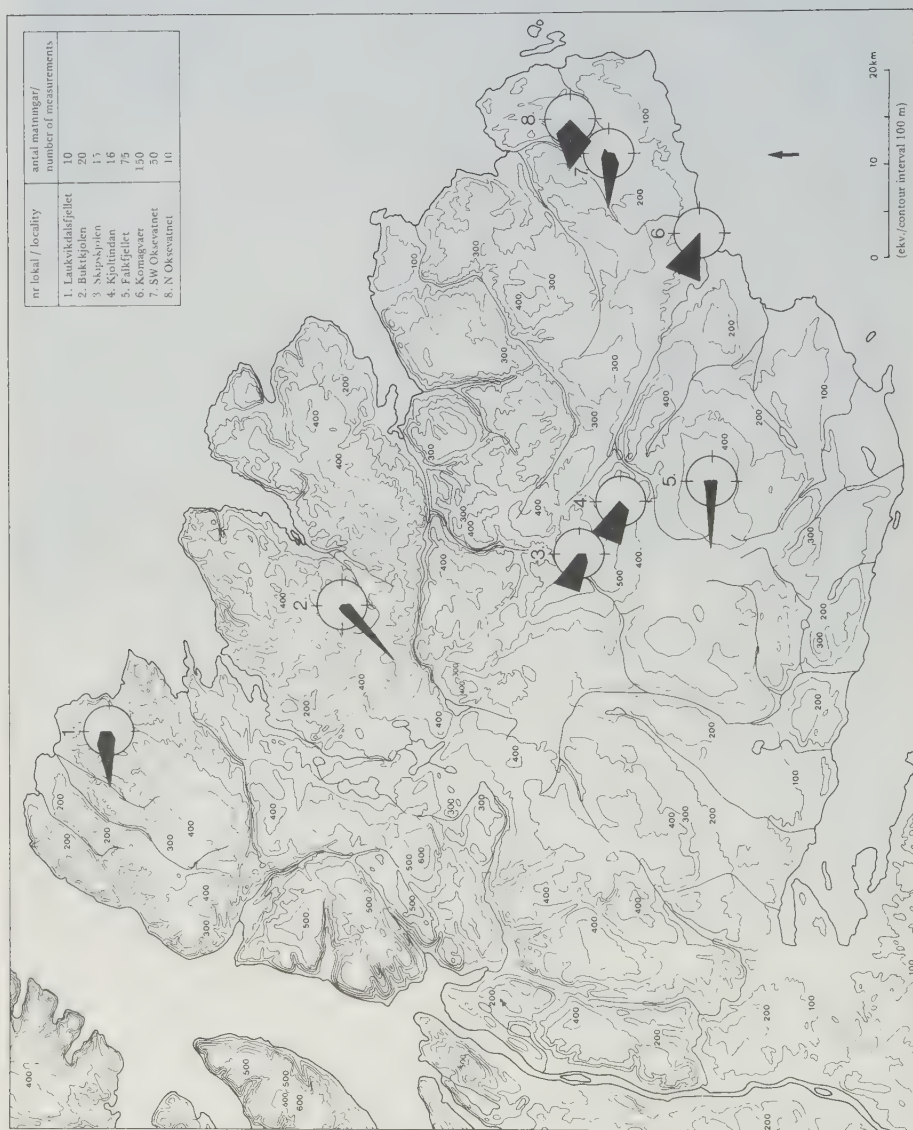
nad (fig. 3:21-22).

Den lägre lavtäckningsgraden uppträder topografiskt på höjdplatåer och i krönlägen. Den nedre gränsen för de lavfattiga blockhavens uppträdande, ligger inom Varangerhalvöns sydsydvästra halva på ca 400 m.ö.h., med en tendens att mot norr inom den nordnordöstra halvan sjunka ner mot 300-metersnivån (fig. 3:22).

#### 3.4.3.8 Observationer av vindslipning

Inom Varangerhalvön har ett antal observationer av vindslipning (jfr Svensson 1971, s. 23) gjorts på både fast berg, block och sten. De berörda bergarterna är i samtliga fall kvartsiter, kvartsitiska sandstenar och sandstenar. Slipningen omfattar alla stadier av utbildning, från en





Figur 3:45. Observationer av vindslipning i bergartsmaterial (jfr fig. 3:46). Vindrosdiagrammen visar formernas initialriktning. Cirkeln motsvarar 25 % av observationerna. Observationslokaler och antal mätningar framgår av tabellen.

*Wind directions as indicated by wind abrasion on rock material (cf. fig. 3:46). Circles represent 25 % of observations. For information about localities and number of measurements from each locality, see the Table in the Figure.*





Figur 3:46. Vindslipningsobservationer i bergartsmaterial har gjorts inom Varangerhalvön (jfr fig. 3:45) varav en del av observationerna är gjorda inom autoktona blockhav, där finmaterial saknas. Bilden visar ett vindslipat block i utkanten av Falkfjellets (545 m.ö.h., knappt 20 kilometer NNO om Vadsö) blockhav. Lav har invaderat vindslipade ytor. *Observations of wind abrasion on rock material have been made within the Varanger Peninsula (cf. Fig. 3:45). Some of the observations are made in autochthonous block fields where fines are lacking. The picture illustrates a wind abraded block, where lichens have invaded abraded surfaces. Photo from the borders of the block fields on the mountain Falkfjellet, 545 m.a.s.l., somewhat less than 20 kilometres to the NNE of Vadsö.*

lätt polering, där ansvariga vindriktningar är svårbestämbara, till välutbildade facetter. Figuren 3:45 visar indikerade vindriktningar och det framgår vid jämförelse med figur 3:21, att över hälften av observationerna är gjorda inom blockhaven. Någon predominans för lavrika eller lavfattiga blockhav har inte kunnat förmärkas. På Buktkjölen och Falkfjellet har iakttagits hur lav invaderat vindslipade ytor (fig. 3:46, jfr Svensson 1971, s. 23).

Många av observationerna i blockhaven är gjorda på vertikala eller nästan vertikala blockytor. Detta försvårar vindriktningsbestämning. De dominerande vindriktningarna faller inom västkvadranten (fig. 3:45).

### 3.4.4 Diskussion

#### 3.4.4.1 Blockhavens areella och topografiska utbredning samt relation till berggrunden

Blockhaven ligger till största delen inom Barentshavsregionens (fig. 1:4 och fig. 3:21) alloktona bergarter (kap. 1.3.1) och där i sandstenar, kvartsitiska sandstenar och kvartsiter. Vid jämförelser mellan de till ytan två största berggrundsregionerna (kap. 1.3.1 och fig. 1:3-4), Barentshavsregionen och Tanafjord-Varangerfjordregionen, framgår att de uppvisar en heterogen bild vad gäller bergarter och att dessa inom båda regionerna är likartade, med undantag för de tillitförande formationerna inom Vestertanagruppen.

Författarna kan inte se något direkt samband mellan blockhavens areella utbredning och bergartsfördelningen inom halvön.

Blockhaven är enligt ovan utbildade i företrädesvis tre bergarter och betraktas samtidigt förhållandet, att blockhaven topografiskt är belägna på halvöns höjdparter, kan ett indirekt samband konstateras, då Varangerhalvöns högre belägna delar oftast består av, relativt sett, motståndskraftigare bergarter som kvartsiter, kvartsitiska sandstenar och sandstenar. Undantag utgör de i tillit utbildade bergryggarna utmed halvöns sydkust, från Paddeby och västerut (geomorfologiska kartan, fig. 1:1 och fig. 3:21).

Ett direkt samband föreligger mellan blockhavens areella utbredning och topografin, vilket enligt ovan speglar ett indirekt samband med bergartsfördelningen. Undantag från det sistnämnda utgör nämnda bergryggar väster om Paddeby, där avsaknaden på blockhav sannolikt direkt kan knytas till berggrundsegenskaper (se nedan).

#### 3.4.4.2 Blockhavens vertikala struktur och mäktighet i förhållande till areell och topografisk utbredning samt processer

De inom krönområdena liggande blockhaven, i vilka finmaterial i stort sett saknas (fig. 3:21, lokalerna A, B, L, O och R), utgör helt klart bildningar i den lokala berggrunden. Områdets utseende ger många gånger intryck av ett jättelikt pussel, där block och stenar skulle kunna flyttas till sin ursprungliga plats och på så sätt åter bilda den ursprungliga berggrundsytan (fig. 3:24). Tor-liknande vitt-

ringsrester (fig. 3:23) visar dock att mycket av pusselmaterialet saknas.

Det lilla inslaget av erratika (<1 procent) visar tillsammans med de få observationerna av isräfflor (fig. 3:21), att områdena åtminstone vid något tillfälle överskridits av is. Blockhaven inom dessa områden ger ett intryck av att även idag vara något aktiva, så tillvida att olika nedbrytande processer verkar på dem (kap. 3.4.3.6). Detta kan vara en av förklaringarna till att förhållandevis få räffelobservationer finns från områdena. Glaciala spår har vittrat bort, framför allt under den tid, när vittringsprocesserna var betydligt aktivare än de är idag (se nedan och kap. 5.3.5.3).

De isräfflor, som fortfarande finns kvar, kan svårligen ha överlevat från någon tidigare nedisning utan måste följaktligen vara utbildade under weichsel. En ytterligare förklaring till de fåtaliga räffelobservationerna är, att få räfflor utbildats p.g.a. ett tunt istäcke (kap. 5.3.5).

Avsaknaden på finmaterial inom dessa blockhavspartier beror knappast på att sådant aldrig funnits, utan att det transporterats bort av smältvatten och olika massrörelseprocesser. Ingen finmaterial har iakttagits på djupet mellan blocken. Jämför kapitlen 5.3.4.3 och 5.3.5.3.

Författarna uppfattar, på grundval av det ovan anförda, de inom krönområdena belägna blockhaven som autoktont bildade, huvudsakligen genom frostvittringsprocesser (kap. 3.2.3) i en periglacial miljö. Det finns anledning att anta (jfr kap. 5.3.5.3) att de huvudsakligen är utbildade under senaste delen av mellersta weichsel (kap. 5:1) och senweichsel men även i tidig flandrisk tid (se även kap. 5.3.5.2).

De tor-liknande vittringsresternas storlek (fig. 3:23) visar dock, att vittring skett även preglacialt (jfr kap. 5.3.5.3).

Genesen av de till både utbredning och vertikal mäktighet dominerande blockhaven med finmaterial är betydligt mera svårtolkad.

Kornstorleksanalyser av finmaterialet från dessa blockhav uppvisar allt från sorterade jordarter till kurvor av moränkaraktär. De både ytterligheterna framgår av kurvorna F och J i figuren 3:28.

Vid jämförelser (fig. 3:28) med de två fraktionskurvorna (II/4 och XI) från ändmoränlokalerna, där blockanalyser visar på en sammansättning liknande den på blockhavslokalerna (kurvorna och lokalerna F, G och J), vad avser in-

gående bergarter, framgår påtagliga likheter mellan blockhavskurvan J och moränkurvorna. Likheter finns också med kurvan enligt Niini (1967), d.v.s. en kurva, som visar kornstorleksfördelningen hos erhållet material från mekanisk krossning av kvartsit.

Likheten (fig. 3:28) mellan blockhavskurvan J, moränkurvorna II/4 och XI och kurvan över den uppkrossade kvartsiten utgör i sig inget bevis för att ursprungsmaterialet på lokal J (fig. 3:21) utgöres av morän. Den kan dock, med beaktande av de förhållanden att materialet på lokalen J är spetthårt, att isräffor observerats inom området, att övergången till fast berg är påtaglig och att erratika, om än få, finns närvarande (jfr kap. 3.4.3.4), tolkas som indicium på moränursprung.

En faktor, som talar emot en sådan teori, är materialets anmärkningsvärda skarpkantighet (jfr kap. 3.4.3.4).

Den andra ytterligheten, sorterat material i blockhaven, representeras av kurvorna F och G (fig. 3:28). Dessa kurvor kan knappast jämföras med moränkurvorna men har påtagliga likheter med kurvorna utvisande kornstorleksfördelningen hos erhållet material från frostvittringsexperimenten.

De framvittrade fraktionerna från kvartsit och kvartsitisk sandsten visar likheter med resultat presenterade av andra författare (fig. 3:36 a, b och även c) och har, trots ett litet utgångsmaterial, bedömts som någorlunda representativa. Olikheter i resultat kan förklaras av skillnader mellan använda bergarter (kap. 3.2.3.1 och 3.4.3.4).

Intressant är att notera, att tillit och dolomit ger de högsta värdena på vittrinspåverkan (fig. 3:34). Tilliten uppträder i ett begränsat område längs Varangerhalvöns sydkust, inom vilket inga blockhav existerar (kap. 3.4.4.1).

Vid jämförelser (fig. 3:28) mellan fraktionskurvorna F och G på blockhavens finmaterial och de experimentellt erhållna kurvorna i samma figur, skall stor försiktighet brukas, eftersom blockhaven är frostsorterade. Ytterligare en kurva (K) har tagits med i figuren och den visar recent grusvittring i blockhavet på Skipskjölen (geomorfologiska kartan). Vittringsmaterialet består till största delen av sand.

Ovan anförda likheter mellan vittringskurvor och blockhavskurvor kan knappast ensamma användas som bevis för ett autoktont bildat blockhav, men tillsammans med övriga observationer inom de båda blockhavslokalerna (F och G i fig. 3:28), såsom hårt vittrat, skarpkantat material och roströd



färg (jfr ovan kap. 3.4.3.4) utgör de indicier på ett in situ bildat blockhav.

Mot ett sådant antagande kan anföras att erratika finns i området, om än i liten utsträckning, och att materialet under blockkappan är så pass hårt att gräva i (jfr ovan kap. 3.4.3.4).

Indicier på autokton respektive allokton (moränursprung) blockhavsbildning inom Varangerhalvön kan sammanfattas enligt följande:

1. Indicier på autokton blockhavsbildning:
  - a) skarpkantat material utan isräfflor
  - b) vittrat material
  - c) rostfärgat material
  - d) lokalt material
  - e) överensstämmelse mellan fraktionskurvor från frost-vittringsexperiment och blockhavens finmaterial
2. Indicier på allokton blockhavsbildning (moränursprung):
  - a) kantrundat material
  - b) isräfflor i fast klyft
  - c) isräfflor i block
  - d) närvaro av erratika
  - e) spetthårt material
  - f) skarp övergång till fast berg (en observation)

Med utgångspunkt från ovan anförda indicier, ser författarna ingen annan möjlighet, än att söka blockhavens materialursprung i många olika processer. De blockhav, som innehåller finmaterial, tolkas som polygena blockhav, där frostsorтерingsprocesser är ansvariga för den nuvarande utbredningen. Sporadiska iakttagelser av recent uppfryssta stenar och block har gjorts vilket tyder på viss recent aktivitet.

En närliggande frågeställning angående de polygena blockhavens utbredning, hänger samman med varför omgivande moränytor inte är frostsorтерade i sådan utsträckning, att de kan definieras som blockhav. Om inte skillnaden i material, hydrologi eller klimatförhållanden kan påvisas, måste en förklaring sökas hos de beroende variablerna topografi och tid (jfr Brunsden 1979, s. 73, refererad i kap. 3.2.3).

Ovan (kap. 3.4.4.2) och nedan (kap. 5.3.5) påpekas, att en möjlig förklaring till fåtaligheten av isräfflor inom de autoktona blockhaven kan vara, förutom möjligheten att de är bortvittrade, att de aldrig utbildats p.g.a. en tunn is. De välutbildade laterala, glacifluviala dräneringskanalerna i anslutning till bl.a. Grythaugen, Falkfjellet, Urdfjellet, Kjöltindan, Skipskjölen, Maddavarri och Jakobselvvidda

(kap. 3.4.3.5, 5.3.4.3 och 5.3.5.3) visar, att ovanförliggande toppar och höjdryggar varit framsmälta långt innan omgivningen.

Författarna ser sig finna stöd för en teori, att både de autoktona och de polygena blockhavens utbredning hänger samman med en tunn is och tidig framsmältning, så att områdena här varit utsatta för vittringsprocesser och sorterande processer i en periglacial omgivning, med god tillgång på smältvatten, och under längre tid än omgivningen. Frispolad berggrund kan iakttagas här och var inom de glacifluviala rännorna men är då uppsprucken (fig. 3:38) vilket visar på sen- och postglacialt verkande vittringsprocesser. Jämför kapitlen 5.3.3.3-4 och 5.3.4.2-3.

Angående de polygena blockhavens ålder, med hänsyn till ingående material, kan följande rent hypotetiska beräkning utföras. I anslutning till frostvittringsexperimenten, har värden för en hypotetisk berggrundsdegradation räknats fram för respektive, i experimentet ingående, bergart (fig. 3:34). Värdena gäller enbart för en bergart, med exakt de egenskaper, som proverna uppvisar och i exakt den vittringsmiljö, och med den frostväxlingsintensitet, som de exponerats för under experimentens genomförande. Enligt författarnas mening, bör vittringsförhållandena i samband med försöken vara optimala för i varje fall frostsprängning, och de erhållna degradationsvärdena bör därför vara maximala värden. En faktor att ta hänsyn till, är att vittringsmaterialet hela tiden transporteras bort (ramlar ner i plastburken). Detta förhållande talar ytterligare för att beräknade värden bör vara maximala värden.

Det framräknade medelvärde för kvartsit och kvartsitisk sandsten är 0,004 millimeter per år. Med den hastigheten skulle det ta 0,5 miljoner år att sänka en tänkt berggrundsytta i aktuella bergarter 2 meter. En motsvarande jordpelare, bestående av de ingående fraktionerna, skulle bli 3 meter mäktig vid en kompaktdensitet (Bjelm 1976, s. 60-70) av  $2,0 \text{ g/cm}^3$  motsvarande ett ungefärligt värde för bottenmorän. En sådan mäktighet går att återfinna inom de polygena blockhaven. Beräkningen gäller huvudsakligen fraktioner lika med eller mindre än 2 millimeter. Dras experimenttanken ut till sin spets skulle det, med ovan anförda reservationer och utan hänsyn till några felkällor, ta 0,5 miljoner år att med ovanstående metod genom frostsprängning vittra fram finmaterialet i blockhavet på Baseçaaerro. Då har inte hänsyn tagits till vittringsprocesser i jordarter och inte heller till transporter genom massrörelser.

Tas hänsyn till storskalig vittring, med lossprängning av stenar och block från anstående berggrund, kommer vitt-ringsytan att mångdubblas, och följdaktligen även bildningen av finmaterial.

Ovanstående beräkningar kan inte användas för bedömning av blockhavens ålder, då de inte tar hänsyn varken till andra jordartsbildande processer eller till bort och tillförsel av material genom massrörelser. Räkneoperationen visar dock att det under givna förutsättningar, genom frostsprängning kan bildas avsevärda kvantiteter finmaterial, bara tiden står till förfogande.

Själva blockkappans nuvarande areella och vertikala måktighet anses vara resultat av frostsorterande processer under i huvudsak Senweichsel och tidig Flandrisk tid.

#### 3.4.4.3 Blockhavens grad av lavtäckning relaterad till processer

Vad beträffar olikheter i lavtäckning (fig. 3:21), iakttas alltid lavfattiga ytor i krönlägen, vilket indikerar klimatrelaterade processer (jfr ovan, kap. 3.2.5). Någon överensstämmelse mellan berggrund och lavtäckning föreligger inte (fig. 3:21 och fig. 1:4). Vid diskussion angående bakgrunden till de lavfattiga områdenas areella och topografiska utbredning, presenteras här fyra hypoteser. Ordningföljden lämnas utan avseende:

1. Lavfattiga områden speglar utbredningen av lilla istidens snö- och istäcken.
2. Lavfattiga områden speglar områden, där den årliga snön ligger kvar längre än i omgivningen.
3. Lavfattiga områden speglar ytor kraftigt utsatta för vindslipning.
4. Lavfattiga områden speglar blockhav med hög vittringsensitet.

Den första hypotesen bör enligt författarnas mening, och mot bakgrund av vad, som anförts ovan (kap. 3.2.5) förkastas.

Hypotes nummer två och tre borde kunna närmare utredas genom studier av dels områdenas läge i förhållande till dominerande vindriktning, som för områdena ligger inom västkvadranten, dels läge i förhållande till insolation. Mest snö kan förväntas ackumuleras på fjällens östra sidor medan insolationen är störst på sydvända sluttningar. Lavfattiga områden skulle förväntas på nordostriktade fjällsi-

dor. Studier av topografiska profiler (fig. 3:22 a-b) stöder inte hypotesen 2, även om viss ostlig preferans kan iakttas för några områden (jfr fig. 3:22 a-b), Falkfjellet, Båtsfjordfjellet och Raggučærro). Erfarenhet från fältarbeten under vårvintrar och senhöstar visar att fjälltopparnas krön är de först snöfria men också de först snötäckta.

Är vindslipning ansvarig för den låga graden av lavtäckning, skulle lavfattiga områden förväntas i västliga lägen (fig. 3:45). Någon sådan kan inte beläggas (fig. 3:22 a-b). Svensson (1971, s. 23) rapporterar från Falkfjellet (geomorfologiska kartan), vindslipade numera lavbevuxna ytor och flera liknande observationer har författarna gjort på bl.a. Buktkjölen (geomorfologiska kartan och fig. 3:46).

Inte heller hypotes nummer fyra, angående hög vittringsintensitet inom lavfattiga områden kan beläggas, även om de autoktona blockhaven, som till stora delar är lavfattiga, ger intryck av viss aktivitet (kap. 3.4.3.6).

Summering av uppställda hypoteser (1-4) ger vid handen, att nummer ett förkastas medan övriga varken kan förkastas eller beläggas med nuvarande kunskap. Arbetet skall fortsättas med hjälp av satellitbilder, ur vilka kunskaper om tid och rum för snötäckning lätt kan erhållas.

#### 3.4.4.4 Vindslipning

Figur 3:45 visar de vindriktningar, som indikeras vid inmätning av vindslipning. Även om vindriktningarna faller inom kvadranten för recenta vindriktningar, (fig. 1:10) kan inget helt enkelt samband ses. Anmärkningsvärt är att flera av vindslipningsobservationerna är gjorda inom autoktona blockhav, där finmaterial och följdaktligen eroderande material är dåligt representerat. Iskristaller antas vara ansvariga för slipeffekten (jfr Svensson 1971, s. 23 och Åkerman 1980, s. 245 och 272-288). Det är också vinterhalvåret, som uppvisar högst frekvens av morfologiskt aktiva vindhastigheter (kap. 1.3.3).

#### 3.4.5 Slutsatser

1. De inom krönlägen belägna blockhaven, som idag i stort sett saknar finmaterial, tolkas som autoktont bildade, huvudsakligen genom frostvittringsprocesser i periglacial miljö. Åldersmässigt antas de vara utbildade huvudsakli-



gen under senaste delen av mellersta weichsel, senweichsel och även under tidig flandrisk tid (kap 1.1). Dock indikerar tor-liknande vittringsrester även preglacial vittring, som överlevt weichsel under ett tunt istäcke.

2. Övriga blockhav innehåller finmaterial. Dessa blockhav har ett polygent ursprung. Själva blockkappans areella och vertikala mäktighet är resultat av frostsorterande processer under senweichsel och tidig flandrisk tid (kap. 1.1).
3. Någon omfattande recent blockhavsbildande aktivitet kan inte påvisas.
4. Inga tecken på isfrihet under weichsel finns inom blockhaven, men indikationer på tunt istäcke noteras (se ovan under punkt 1.)
5. Blockhavsområdena är tidigt framsmälta och deras utbredning speglar glaciation och deglaciation. Detta stöds av föreliggande glacialmorfologiska arbeten (kap. 5.).
6. Orsaker till olikheter i lavtäckning inom blockhaven har inte kunnat visas, men arbetet fortsättes, och då efter arbetshypotesen att lavtäckningsskillnaderna är klimatrelaterade.

#### 4. KULLAR I LÖSMATERIAL

##### 4.1 Inledning

På Varangerhalvön finns rikligt med mer eller mindre framträdande kullar av lösmaterial, såväl inom som utom blockhaven (fig. 4:1 och 4:2). På geomorfologiska kartan (bilaga) är de markerade med en egen signatur (röd ring med kryss). Formerna tilldrar sig störst uppmärksamhet i blockhaven genom kontrasten mot det grövre blockmaterialet. De framträder tydligt på flygbilder över området (Svensson 1971). Storleksmässigt varierar de från 10-talet meter i höjd och något eller i vissa fall flera hundratal meter i diameter till mindre än 1 m respektive 5-10 m. Med tanke på formens frekvens och pregnans har de tilldragit sig anmärkningsvärt liten uppmärksamhet (jämför dock ovan).

Formerna har undersökts för att söka svar på följande frågor:

1. Är formerna specifika för Varangerhalvön?
2. Finns det en gemensam genes?
3. Kan formerna fungera som klimatindikatorer?
4. Kan formerna ge upplysningar om deglaciationen?



Figur 4:1. Kulle i typiskt läge i blockhav, Baseŧaerro.  
*Mound, typically situated in block field, Baseŧaerro.*



Figur 4:2. Kulle utanför blockhav, Maddavarri. Flygfoto.  
*Mound outside blockfield, Maddavarri. The surface of the mound does not diverge from the surrounding vegetation or block frequency. Oblique air photo.*

För att besvara frågorna har paralleller sökts i litteraturen, formerna undersökts i fält och utbredningsmönstret analyserats. Dessutom har två tidigare beskrivna lokaler utanför Varangerhalvön besökts, nämligen Stourraskaidi och Rakaslako (fig. 4:3).



Figur 4:3. Lokalisering av undersökta och beskrivna lokaler.

*Location of investigated and described sites.*

#### 4.2 Tidigare beskrivningar av formerna inom området

Den förste som beskrev kullar i lösmaterial på Varangerhalvön var Rosendahl (1931). Han påpekar (s. 500) att randavlagringar nästan helt saknas på land. Däremot är kullar (hauger) i morän vanliga över hela halvön. Kullarna är ofta runda, 10-20 m i diameter och 4-8 m höga men kan även vara långsträckta eller ha ytterligare andra former. De kan förekomma sammanbyggtrade utan system eller i rader så att de blir åsliknande. Formerna har enligt Rosendahl uppkommit genom att vattenmättad bottenmorän under hydrostatiskt tryck pressats upp i oregelbundenheter i isens basala delar. Den slutliga formen har erhållits när isen senare smälte bort. Runt flera av bildningarna markerar ringvallar isens avgränsning under efterföljande stadier. Svaghetszoner eller sprickor i isen leder till orientering längs linjer. Det är sålunda inte isens rörelse utan dess tryck som åstadkommer det som, enligt Rosendahl, kan kallas drumlins även om dessa vanligen är av större format. Han föredrar dock att nyttja den av samerna använda benämningen miofta.

Som områden med typiska miofter nämns området norr om Oardu javri på centrala halvön samt på och vid Maddavarri i sydväst (fig. 4:2). Även området vid Javrašmievtajavrit nämns. Formerna inom detta senare område visar dock stor likhet med israndbildningar och behandlas under kapitel 5.3.3.1.

Söder om Roavvevarri längst i väster har Svensson (1963) observerat cirkulära till ovala kullar med en lägre central del. Diametern hos de högsta når upp till 40 m, för insänkningen 10-12 m. Kullens höjd är 1,5-2 m och insänkningen är 1 m djup.

Svensson (1971) har i en innehållsrik artikel även behandlat kullar inom andra delar av halvön. Bland formerna i anslutning till Falkfjellet urskiljer han tre underkategorier (s. 21f):

1. Vegetationstäckta runda bildningar 2-3 m i diameter med jämn överyta och en höjd av 1-3 dm. Materialet utgöres av sand och omgivningen är blockmark.
2. Större vegetationsklädda ytor upp till 60-70 m i diameter. Överytan kan bilda en relativt jämn övergång till omgivande yta men är vanligen välvd eller utformad som en låg topp, 1-4 m över omgivningen. Materialet, som ej saknar grövre fraktioner, skiljer sig markant från blockhavsomgivningen genom förekomsten också av finare fraktioner.

3. Cirkulär yta bestående av ljusare bergartsmaterial (kvartsitisk sandsten) än omgivande blockhav.

De tre grupperna tillskrivs olika genes. Typ 1 tolkas som rester av ett lösmaterialtäckte eller (troligare) som ytor under uppbyggnad av eoliskt material. Typ 2 tolkas som glaciala/glacifluviala ackumulationsformer där de mellanliggande mindre mäktiga partierna försvunnit i blockhavet vid sönderdelning av berggrundsytan. Typ 3 orsakas av reflexionsegenskaperna hos berggrundsmaterialet. Gruppen har identifierats genom flygbildsanalys.

Ytterligare en grupp urskiljs. Den omfattar kullar med en mera markerad relief, 50-60 m i diameter och med 6-8 m:s höjd. Formen består av en ringbildning som omsluter flera kullar ofta med fåror av polygonkaraktär. Svensson noterar termen miofta och anser att den med fördel kan bibehållas för den senare formen, som genetiskt jämföras med typ 2 av de tidigare beskrivna.

Även Sollid et al. (1973, s. 267) nämner Rosendahls term och påpekar att formerna när de förekommer i utdragna zoner kan förväxlas med marginalbildningar. Detta gäller särskilt



på nordvästsidan av Bergebyelva som mynnar i inre delen av Varangerfjorden. Det aktuella området övertvåras emellertid av is-styrd dränering.

Sydväst om Karlebotn, just utanför den geomorfologiska kartans begränsning, återfinns cirkulära till ovala vallformer på ett senglacialt delta (Svensson 1969 a, Humlum 1982, s. 59ff). Vallen har en höjd av maximalt en halv meter. Formens diameter är cirka 30 m och de centrala delarna ligger 0,2 m under omgivningens nivå. Både i vallen och i de centrala delarna är den ursprungliga strukturen störd. Den centrala delen visar spår av att tidvis varit vattenfylld. Formerna tolkas som rester av en övergångsform mellan pingo och minerogen pals. En C14-datering av torv i botten på de inre delarna gav åldern  $1\,320 \pm 100$  B.P. (Svensson 1969 a, s. 10).

#### 4.3 Motsvarande former utanför Varangerhalvön

Olika typer av kullar i lösmaterial är vanliga och behandlas i en omfångsrik litteratur. Nedan kommer en del dylika lösmaterialformer att diskuteras som bakgrund till lokalbeskrivningar och genesdiskussioner. De upptagna formerna representerar varierande morfologi och genes och omfattar både recenta och fossila individer. Beträffande de fossila formernas genes kan en regional skillnad noteras så att i europeisk litteratur finns en preferens för periglacialt ursprung medan den amerikanska litteraturen behandlar liknande former ur glacial synvinkel.

Endast former med förmodad periglacial eller glacial genes beröres, då en genes förknippad med eolisk aktivitet, karstprocesser och övrig vittring eller antropogen aktivitet synes osannolik för formerna inom halvön. Bombkratrar i form av ringvallar förekommer visserligen t.ex. söder om Hamningberg. De är dock betydligt mindre än de här behandlade formerna.

##### 4.3.1 Kullar av periglacialt ursprung

Palsar, mineraljordspalsar. Bland palsarna återfinns många varierande former inklusive runda och ringvallsliknande (Schunke 1973). Vid erosion ersätts palsen av en vattensamling i myrtytan (Svensson 1962 c). Däremot ger de vanligen inte upphov till något mera beständigt morfolo-

giskt spår. Av störst intresse här är palsar med mineraljordskärna av den typ som beskrivits från bl.a. Taavavuoma, nordost om Torneträsk (fig. 4.3). (Wramner 1964, 1972). Palsarna saknar i vissa fall torvtäcke, även om det finns rester av ett tunt torvskikt som sekundärt försvunnit genom vinderosion och/eller oxidering (op. cit. 1972, s. 41ff). Kullarna är utbildade i starkt tjälskjutande finkornigt material med god tillgång till vatten. De uppvisar, i skärning, klar palsstruktur, tydligt isskiktad mineraljord, och förekommer tillsammans med konventionella palsar. I vissa fall förekommer på dem vattenfyllda gropar vilka tolkas som termokarstbildningar. Dessa vattensamlingar når i något fall sådan storlek att det blir frågan om en delvis tjälad vall som omger en vattenfylld grop. Uppkomsten av vallen gynnas av den utåtriktade nettotransport som materialet erhåller vid uppvälvningen (uppåt/utåtriktad transport) och den följande hopsjunkningen (nedåtriktad transport) av kullarna. Slutresultatet vid mineraljordpalsarnas degeneration blir sålunda en grop som omges av en låg vall. Om dessa mineraljordskullar skall benämnas palsar, vilket den inre strukturen talar för, eller inte, vilket avsaknaden av torvtäcke talar för, är till stor del beroende på hur man väljer att definiera termen pals. Wramner definierar den genom tre kriterier som skall uppfyllas (op. cit., s. 11): 1. kullar eller mer vidsträckta upphöjningar i myrtytan med torv i ytan, 2. innehåller perenn tjäle, 3. vara bildade genom tjällyftning. Han påpekar "Denna definition täcker även palsar med mineraljordskärna, som visat sig vara allmänt förekommande i närmare studerade palsmyrar i olika delar av Sverige". Han framhåller (s. 47) att med palsar analoga bildningar i enbart mineraljord inte är palsar med denna definition. De står dock palsarna mycket nära med vilka det förekommer övergångsformer. Termerna bugor och frost mounds diskuteras men termen bugor tycks inte vara klart definierad. Bugor räknas ibland som en typ av pingo (se nedan).

Åhman (1977, s. 131) definierar termen pals uteslutande efter dess genes: "isolerade kullar eller höjdryggar bildade genom ackumulation av segregationsis i marken som kan utgöras av mineraljord eller torv". Han för därmed bildningar i enbart mineraljord till palsarna.

Pingo, bugor. Müller (1959) urskiljer två typer av pingos och antyder en tredje. Pingos av östgrönlandstyp, eller open system type, förekommer främst i bottnen på breda

glaciala dalar med en största lutning på  $8^{\circ}$ . Müller nämner en maximal höjd på 38 m och diameter på 1600 m. De utbildas där sub- eller intrapermafrostvatten kommer fram under hydrostatiskt tryck, men med låg strömhastighet och små temperaturskillnader mot den omgivande marken. Omgivande berg svarar för det hydrostatiska trycket. Typen förekommer ofta i grupper där yngre individer uppstår i rester av äldre. Den andra typen, Mackenzie- eller closed system type, nämnes ofta även med den ryska termen bulgunjakh. Müller använder dock denna term som synonym till pingo. Mackenzie-typen förekommer på flacka ytor med grunda eller igenslammade sjöar eller övergivna flodlopp. Höjder på upp till 50 m och omkretsar på 900 m rapporteras. Något utflöde av sub- eller intrapermafrostvatten förekommer inte, utan uppvälningen orsakas av permafrostens penetration in i en talik. Maarleveld (1965) ger en genomgång av litteraturen i ämnet, berör den tredje typen lite utförligare och refererar en beskrivning av Bobov (1960) av en pingo 110 m lång, 40 m bred och 3 m hög. Kullen bestod av islaminerad silt. Islagren i kullen var upp till 2 m tjocka med tilltagande tjocklek neråt. Isen i kullen innehöll luftblåsor till skillnad från den i omgivningen. Den ryska termen för bildningen var bugor.

Wramner (1972, s. 13) konstaterar att flera i den ryska litteraturen beskrivna bugor har speciella drag som skiljer dem från pingos, främst genom avsknaden av en homogen iskärna. Rysk litteratur saknar ofta sammanfattning på något västerländskt språk och begagnar inte närmare definierade termer vilket gör den mycket svårtillgänglig. Wramner anser det dock inte lämpligt att föra bugor till gruppen pingos, utan föredrar att föra dem till en fristående grupp av frost mounds.

Flera författare har, från Skandinavien, beskrivit former som påminner om dem. Rapp och Rudberg (1960) nämner en typ av cirkulära till elliptiska sjöar omgivna av ryggar av uppressad jord med sprickor. Sjöarnas diameter är 10–20 m och de återfinns vid Rakaslako nordväst om Abisko i norra Sverige (fig. 4:3). De beskrivs närmare nedan, kap.4:4:6.

Svensson (1969 a) har vid Corgosjokka söder om Laksefjorden, Nordnorge (fig. 4:3) identifierat runda till ovala sjöar omgivna av en vall av samma typ som ovan. Dessa sjöar är dock något större, upp till 40 m i diameter. Vallens höjd överstiger normalt ej 1,5 m. Den består av finkornigt material. Speciellt intresse tilldrar sig

en bildning utan insänkning i toppen vilket gör att den liknas vid "a circular table placed on the ground". Formerna är inte fossila men tolkas som varande i olika stadier av nedbrytning, där de ringformade nått längst. Ursprungsformen är låg, konvex och uppkommen genom hävning av marken till följd av bildning av segregationsis i finkornig jordart.

Liknande former finns beskrivna från ett område väster om Inari i Nordfinland (Pirola 1972). Inom detta område har även påträffats en liten iskupol, hydrolakkolit, med en diameter på 90 cm.

De senast beskrivna bildningarna brukar ofta gå under benämningen frost mounds - en i allmänhet inte närmare definierad term som motsvaras av den franska "buttes minérales cryogènes" (Payette & Séguin 1979).

Fossilaformer av periglacialt ursprung. Svensson (1964c) har från olika områden, bl.a. Stourraskaidi (fig. 4:3), söder om Laksefjord i Nordnorge beskrivit kullar delvis liknande de tidigare berörda från Varangerhalvön. Dessa kullar har undersökts i fält och beskrives närmare nedan. Fossila pingos är beskrivna från fler ställen i Västeuropa bl.a. Belgien, "viviers" eller "mardelles", och England (Pissart 1963, 1965, Mullenders & Gullentops 1969, Watson 1971, Watson & Watson 1974), se översikt av Flemal (1976). Det är här fråga om svärmar av mer eller mindre fullständiga ringvallar ofta överlappande varandra på sluttningar med lutningar upp till  $2-3^{\circ}$ . Dimensionerna varierar mellan följande värden (Watson & Watson 1974) diameter 50-125 m, höjd 0,5-6 m, diameter på insjunkningen 15-40 m. Resterna härstammar från pingos av open system typen samt i några fall eventuellt av någon annan typ (dock ej closed system) då vissa ligger i annars svårförklarliga krönlägen (Pissart 1965).

Seppälä (1972) har beskrivit pingo-liknande bildningar från Peltojärviområdet i Nordfinland (fig. 4:3). Det gäller halvcirkulära, cirkulära eller långsträckta ryggar i sandig blockförande morän, med 30-150 m:s diameter och 0,5-4,5 m:s höjd. Formerna tolkas som rester av fossila kollapsade pingos.

#### 4.3.2 Kullar av glacialt ursprung

Många kullar och ringar har glacialt ursprung. De kan ha frampreparerats genom erosion men även vara ursprungligt



positiva former. Hoppe (1952, 1957, 1959 a) diskuterar Rogen-, Veiki- och andra moräntyper som kan ge upphov till former av denna typ genom uppressning av vattenmättad bottenmorän (se även Minell 1979).

Aartolahti (1974, 1975) har från flera områden i Nordfinland beskrivit ringformade ryggar inte helt olika de ovan nämnda från samma område. Dessa tillskrivs dock inte periglacial genes utan beskrivs som dödisformer bildade genom uppressning av morän som sedan pålagrats av ablationsmorän. Tolkningen baseras på det stora antalet svärmar med ringar, ryggarnas inre struktur, med en undre del där stenorientering är tvärs formen och en övre del utan klart företrädd orientering som antyder att materialet varit utsatt för glidningar, lokaliseringen i sänkor eller sluttningar orienterade distalt i förhållande till isrörelsen, förekomst även i södra Finland och datering som pekar på en bildning i samband med isreträtten från området.

Även i USA och Kanada, främst i präriestaterna, förekommer ringformade ryggar i stor mängd. De har av olika författare beskrivits under varierande benämningar som: prairie mounds, closed disintegration ridges, ice-block ridges, terrace ridges, ice-walled gravel trains, dump-ridges, dumpies, rims around saucer-shaped perched lacustrine plains, rims around ice-walled lake plains, doughnuts, possible pingo-scars m.m. Se sammanställningar av Parizek (1969) och Flemal (1976). Ringens diameter är normalt några tiotal meter och höjden varierar från 1 till 6 m, i undantagsfall nås 400 respektive 12 m. Fördjupningens botten ligger i allmänhet över omgivningens nivå. Materialet varierar, både morän och glacifluviala sediment förekommer. Formerna ges ofta en glacial tolkning som ablationsformer, uppressning i håligheter i isen eller som en kombination av dessa. Några författare favoriserar dock en periglacial genes och pekar därvid bl.a. på paralleller med Västeuropas fossila pingos (ex. Bik 1969, Flemal, Hinkley & Hester 1973).

#### 4.4 Egna undersökningar

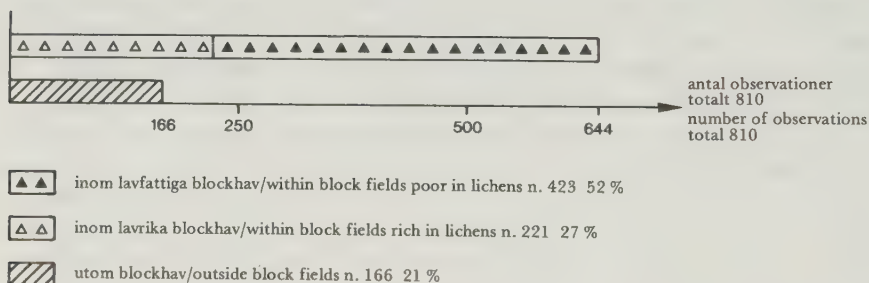
De behandlade formerna inom Varangerhalvön uppvisar stora morfologiska variationer. Gruppen har medvetet givits en vid definition och hit har förts bildningar med mer eller mindre välutvecklad kullform som gemensam nämnare. För att om möjligt fastställa en eventuell gemensam genes har ut-

bredningsbilden undersökts och några områden utvalts för detaljundersökning.

I det följande kommer den genetiskt neutrala termen kullar att utnyttjas för formerna, inklusive de med obetydlig topografisk markering som främst identifieras genom kontrasten mellan finmaterialet och omgivande blockhav.

#### 4.4.1 Läge och utbredning

810 kullar har markerats på den geomorfologiska kartan. Detta tal utgör huvuddelen, om än ej samtliga kullar. En viss osäkerhet råder vid avgränsning av svagt utbildade individer, speciellt utanför blockhaven. Ett tecken får av kartografiska skäl i vissa fall representera flera individer. Majoriteten förekommer inom blockhav, främst inom de lavfattiga partierna (figur 4:4). Figur 4:5 visar kullarnas fördelning i höjddled. De olika höjdsiktens fördelning framgår av den geomorfologiska kartans terrängmodell, se



Figur 4:4. Kullarnas fördelning utom respektive inom blockhav av olika typer.

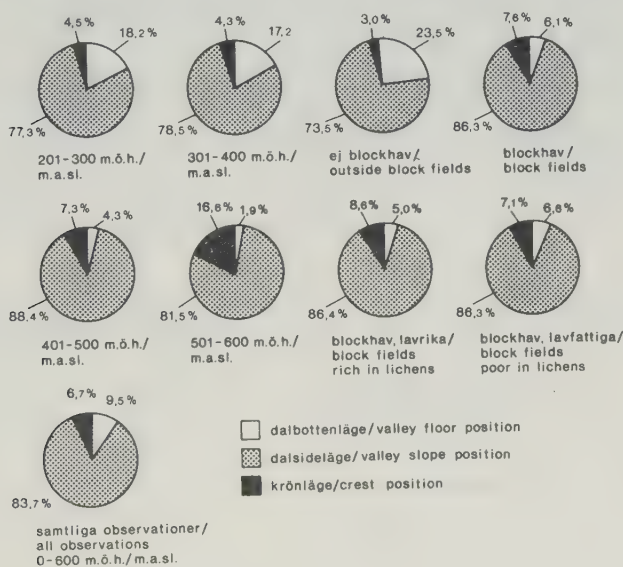
*The distribution of the mounds outside respectively inside blockfields of different types.*

även tvärprofilerna över halvön (figur 3:22). Majoriteten av kullarna (86 %) ligger på mellan 300 och 500 m höjd, d.v.s. inom de morfologiska regionerna 3 och 4, södra respektive norra plåtoområdena (figur 2:24) medan de lägre partierna och därmed kustområdena är underrepresenterade. Den geomorfologiska kartan anger också att kullar förekommer sparsamt i de stora dalgångarna och saknas helt under högsta kustlinjen. De båda välrepresenterade regionerna domineras till stor del av blockhav. Kullarna inom blockhaven visar en med totalantalet likartad höjdmässig fördel-

| m.ö.h./m.a.sl. | totalt/total | i blockhav/in block fields |
|----------------|--------------|----------------------------|
| 601—           | 0            | 0                          |
| 501—600        | 6,7          | 8,4                        |
| 401—500        | 48,8         | 56,6                       |
| 301—400        | 37,2         | 34,1                       |
| 201—300        | 5,4          | 0,9                        |
| 101—200        | 1,4          | 0                          |
| 0—100          | 0,5          | 0                          |
| n              | 810          | 642                        |

Figur 4:5. Kullarnas fördelning i höjddled, totalt respektive inom blockhav.

*The distribution of the mounds according to altitude, totally and inside blockfields respectively. Cf. also the terrain model of the geomorphological map and Figure 3:26.*

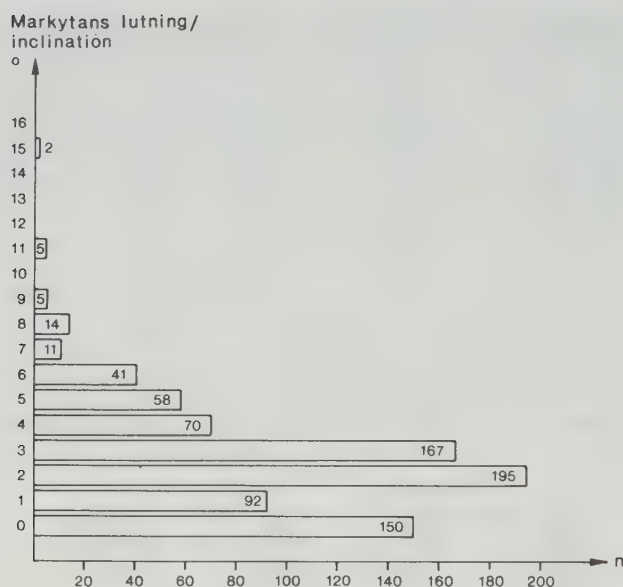


Figur 4:6. Kullarnas topografiska läge i förhållande till höjd över havet respektive blockhav av olika typer.

*The distribution of the mounds according to topographic situation altitude and blockfields of different types respectively.*

ning, dock med en något större koncentration till intervallet 400-500 m.

Det topografiska läget redovisas i figur 4:6 som visar andelen kullar med läge i dalbotten, dalsida respektive sluttning samt denna fördelning inom respektive utom blockhav. Det största antalet ligger i dalsidelägen. Detta gäl-



Figur 4:7. Fördelning av kullarna efter marklutning.  
*Distribution of mounds according to inclination of the ground.*

ler inom alla höjdsikt. I de lägre ökar helt naturligt andelen i dalbottenlägen medan motsvarande gäller för krönlägen och högre skikt. I fråga om fördelningen utom respektive inom olika typer av blockhav följer den väl den genomsnittliga fördelningen utom för antalet observationer i dalbottenlägen vilka är klart fler utanför blockhaven. Med hjälp av den moderna topografiska kartans höjdkurvor har markytans lutning beräknats för observationerna i dal-sidelägen. Här (figur 4:7) förekommer en stark koncentration till relativt flacka ytor. Endast ett mindre antal förekommer på kraftigare lutningar än  $6^\circ$ . Sluttningsarnas orientering efter väderstreck (figur 4:8) ger däremot en något splittrad bild där alla riktningar finns representerade. Totalt sett föreligger en viss underrepresentation för västvettande sluttningar.

Speciellt vid diskussion av en periglacial genes är tillgången på vatten intressant. Därför har avståndet till närmsta ytvattenförekomst mätts enligt den nya topografiska kartans återgivning. Värdena redovisas i figur 4:9. Avståndet ökar med höjd över havet och är klart större inom blockhaven än utanför. Däremot är avstånden inom de olika typerna av blockhav i stort sett lika.





Figur 4:8. Fördelning av kullarna efter markytans exponeringsriktning i relation till höjd över havet och marktyp.  
*Distribution of the mounds according to direction of exposure related to altitude and type of ground.*

| m.ö.h./m.a.sl. | avstånd/<br>distance, m |                                                      | avstånd/<br>distance, m |
|----------------|-------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------|
| 501-600        | 738                     | lavrika blockhav/<br>block fields rich in lichens    | 580                     |
| 401-500        | 661                     | lavfattiga blockhav/<br>block fields poor in lichens | 624                     |
| 301-400        | 397                     | blockhav totalt/<br>block fields total               | 609                     |
| 201-300        | 218                     | ej blockhav/<br>outside block fields                 | 245                     |
| 101-200        | 168                     |                                                      |                         |
| 0-100          | 75                      |                                                      |                         |

Figur 4:9. Avstånd till närmsta ytvattenförekomst fördelat efter höjdsikt och marktyp.  
*Distance to nearest surface water related to altitude and type of ground.*

#### 4.4.1.2 Diskussion

Genomgången av kullarnas utbredning inom Varangerhalvön (figur 3:21) pekar inte på några klara mönster. Formerna finns representerade över i stort sett hela halvön, både i de delar som frilagts från is först och de som frilagts

sist. Utmärkande är en tendens till klungbildning. En jämförelse med berggrundskartan (figur 1:4) tyder inte på något samband mellan berggrund och utbredning av kullarna. Närmare hälften av individerna återfinns inom höjdsiktet 400-500 m och 86 % i intervallet 300-500 m. Halvöns platåkaraktär ger dock dessa höjdsikt en stor utbredning, se geomorfologiska kartan. Detta innebär en koncentration till de geomorfologiska regioner, 3 och 4, som domineras av blockhav och en motsvarande underrepresentation av dem med tjockare lösmaterialtäckte. Huvudparten ligger också inom blockhav och över 50 % inom lavfattiga blockhav, vilket normalt innebär halvöns centrala delar. Den stora andelen dalbottenlägen utanför blockhav liksom i de lägre höjdsiktet har en direkt motsvarighet i blockhavens utbredning. I övrigt är det ingen skillnad mellan olika terrängtyper utan dalsideläge dominerar inom samtliga typer med över 80 % av observationerna. Den höga frekvensen av sluttningar med 2-3° lutning svarar mot halvöns platåkaraktär med svagt undulerande relief. Ej heller avståndet till närmsta ytvattenförekomst visar något anmärkningsvärt. Blockhaven ligger normalt i höjdlägen (figur 3:22) och observationerna inom dem har som väntat störst avstånd till ytvattenförekomst. Av de två blockhavstyperna visar lavrika områden, som normalt utgör de perifera delarna, lägre värden. Avståndet minskar med avtagande höjd över havet vilket är en naturlig följd av den ökande dräneringstätheten på lägre nivåer.

Det är sålunda svårt att från utbredningsbilden dra några slutsatser om kullarna. Detta kan tolkas antingen som att kullarna förekommer över större delen av halvön i stort oberoende av de undersökta parametrarna, eller också kan resultatet tyda på att kullarna inte är en enhetlig grupp. Möjligtvis kan man spåra två grupper, den ena bestående av högre liggande kullar i blockhav och den andra av lägre belägna utanför blockhav. Regionalt sett skulle i så fall dessa båda grupper kunna representeras av de båda typlokalerna Maddavarri respektive Base✓aerro. Dessa lokaler hyser rent morfologiskt olika typer av kullar där den främsta skillnaden utgörs av avsaknaden av ringvall hos dem på den förre, sydligare, lokalen. Det bör observeras att kullar med ringvall förekommer såväl inom som utom blockhav kring Base✓aerro.

#### 4.4.2 Detaljundersökningar, metodik

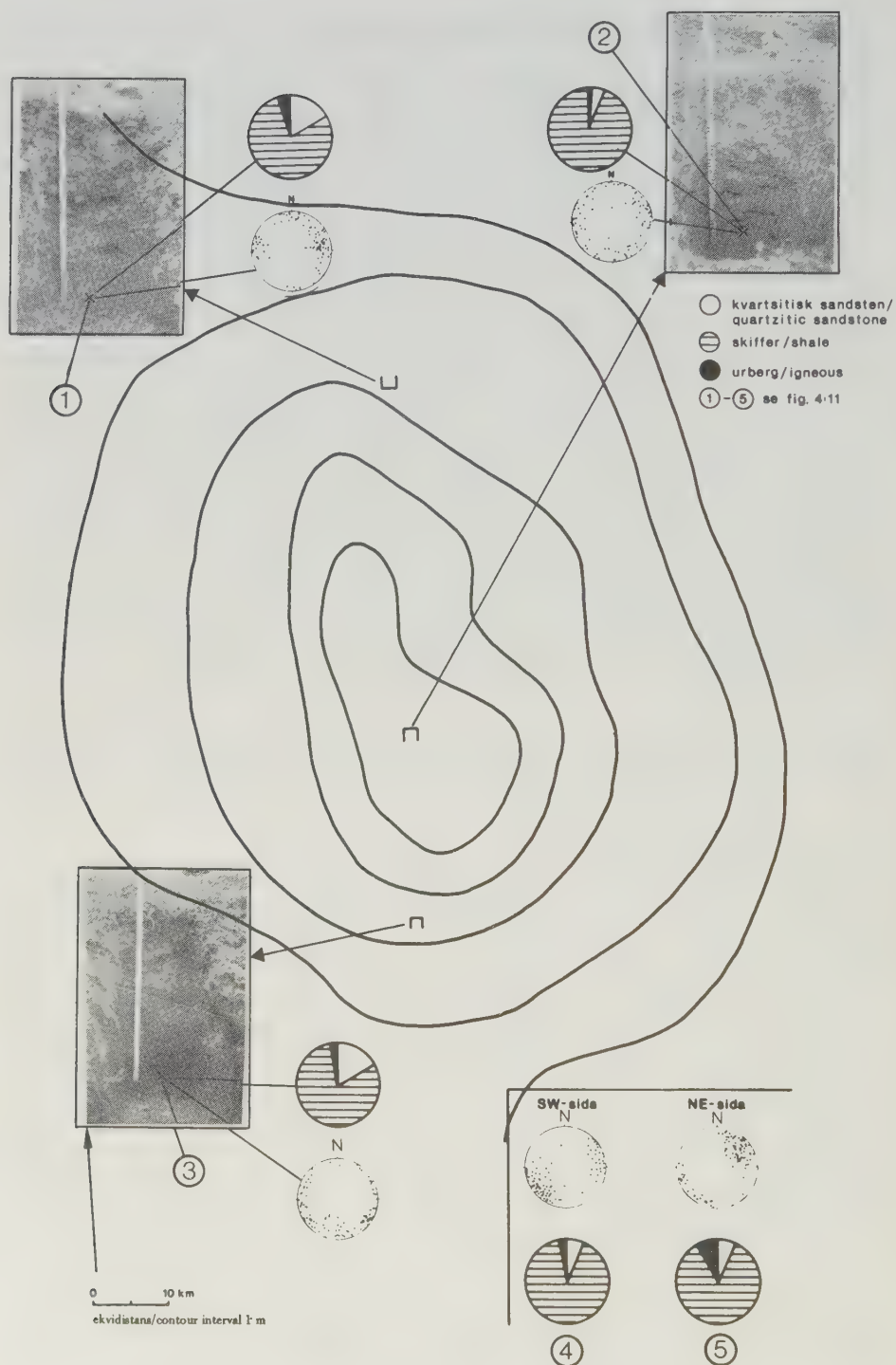
Kullarna inom två områden har undersökts närmare. Det gäller Maddavarri, ett av de områden som Rosendahl (1931) pekade ut som typlokal för mioftor, samt Baseøaerri (figur 4:3) ett blockhavsområde med en stor mängd kullar av olika utseende. Provgropar har tagits upp för analys av material, strukturer, blockanalys och stenorientering. Vid blockanalyserna har endast tre kategorier urskiljts då detaljutbredningen av de olika bergarterna inom halvön ger ett ytterst komplicerat mönster (figur 1:4) och ej är känd i detalj. Störst intresse har mängden urberg som representerar erratika. Orienteringen på 50-100 långsträckta stenar har mätts i varje grop på, om ej annat anges, 85-100 cm djup. Endast stenar där längden överstiger 1,5 gånger bredden har mätts. Den stora mängden skiffer och kvartsitisk sandsten ledde ibland till svårigheter att erhålla tillräckligt antal stenar med tydlig längdaxel varför mätningarna då tvingats utföras inom en yta med en bredd av ca 130 cm. I vissa fall har även antalet inmätta stenar minskats. Harris (1969) konstaterar dock att en god bild av orienteringen erhålls redan efter ca 30 stenar.

#### 4.4.3 Maddavarri - fossila glaciala kullar utanför blockhav

##### 4.4.3.1 Lokalbeskrivning

Området sydväst om Maddavarri omfattar en flack moränya, på ca 300 m:s höjd, söder om stigningen mot själva Maddavarri och norr om myrarna ovan skogsgränsen. Här återfinns en rullstensås och något högre upp övertväras Alljavaejjokkas dalgång av en moränlinje, Alljavaejjmoränerna se kapitel 5.3.3.1. Flera av kullarna är runda medan andra är långsträckta ofta 50-75 m långa, 20-40 m breda och 4-6 m höga (figur 4:2). De saknar central fördjupning och skiljer sig inte från omgivningen med avseende på blockhalt i ytan eller vegetation. Ofta kan de enskilda kullarna knytas ihop till tänkta linjer med huvudriktning NNV-SSÖ eller VSV-ONÖ.

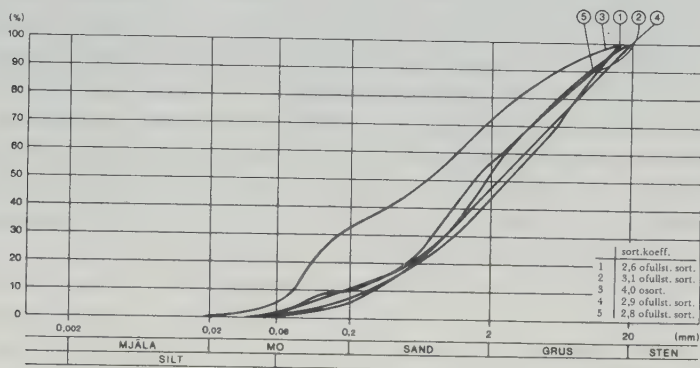
Tre provgropar har tagits upp längs en nordsydlig tvärprofil av en kulle utan utpräglad längdaxel (figur 4:10). Siktkurvorna (figur 4:11) visar att materialet ej är fullständigt sorterat och har ett förhållandevis obetydligt inslag av silt och ler. Bergartsmässigt domineras proverna





Figur 4:10. Kulle på Maddavarri med provgropar och block- och riktningsanalyser. Infällt: motsvarande uppgifter för intilliggande kulle.

*Mound on Maddavarri with test pits. For grain size distribution see Figure 4:11. Inserted: data from a nearby mound of similar type.*



Figur 4:11. Kornstorleksfördelning i prover från kullar, Maddavarri. För lokalisering av proverna se figur 4:10.

*Grain size distributions of samples from mounds on Maddavarri. For location see Figure 4:10.*

av skiffer men med inslag av kvartsitisk sandsten och urberg. Prov 2, hämtat från toppen av kullen, har dock klart mindre andel kvartsitisk sandsten (figur 4:10). Samma figur redovisar även stenorienteringen på ett Schmidt-nät. I gropen på östra sidan förekommer en väst-östlig huvudriktning med ett sekundärt maximum i nord-syd. Stupningen följer genomgående markytans. Två gropar i en långsträckt närliggande form, ca 160 x 30 m med en höjd av 5 m, visar motsvarande stupningsmönster medan strykningen är tämligen väl samlad tvärs huvudformens längdutsträckning som är N20°V (figur 4:10). Kornstorlekssammansättningen (figur 4:11) avviker inte nämnvärt från föregåendes.

#### 4.4.3.2 Diskussion

Kullarna på Maddavarri tolkades av Rosendahl (1931) som bildade genom uppressning av vattenmättad morän i håligheter i isens basala delar. Genesen är av samma typ som den Hoppe (1952) anger för morän av Veiki-typ. Till stöd för sin tolkning framhåller Hoppe att materialet inte är ur-

tvättat vilket en ablationsmorän borde vara, att moränen är hårt packad samt att långsträckta stenar är orienterade tvärs formens längdaxel. Dessa två sista kriterier uppfylls av de här aktuella kullarna som däremot skiljer sig stormorfologiskt från Veiki-moränen genom att bestå av just kullar. En avgörande invändning mot Rosendahls tolkning av genesen utgöres av bristen på de finare fraktionerna, något som gör materialet mindre flytbenäget.

Ett väl utbildat riktningsmaximum för stenorienteringen talar mot ett ursprung som en- eller supraglacial bildning och avsättning som ablationsmorän. Den inre byggnaden saknar även den av Aartolahti (1974, 1975) observerade dubbla strukturen. Skillanden i stenorientering, morfologi och läge i terrängen jämfört med formerna på Stourraskaidi och Rakaslako talar mot en periglacial genes.

I den mån kullarna har längdutsträckning eller kan knytas ihop till linjer är, som ovan konstaterats, de långsträckta stenarna orienterade tvärs formen eller linjen. Lundqvist (1948) fastställer att tvärställda stenar utmärker såväl ändmoräner och ryggar ställda tvärs isrörelseriktningen inom dödisområden som rullstensåsar. Även om kullarna förekommer flera tillsammans inom ett begränsat område torde de dock ej kunna rubriceras som ett dödisområde. Ett välutbildat sådant förekommer emellertid strax öster om det nu aktuella området. Kullarna kan i flera fall knytas ihop till linjer med nordnordvästlig eller östnordöstlig orientering, vilket strider mot en tolkning av dem som antingen ändmoräner eller åsar. Materialsammansättningen (figur 4:11) talar inte klart för endera alternativet. Kullarna har ett intressant läge just söder om ett väst-östligt stråk med israndbildningar. Dessa övertvärrar Alljavaejjåka (figur 5:6) några kilometer mot nordväst och kan följas österut, längs branten upp mot själva Maddavarri, i form av isolerade ändmoränrester, för att sedan bilda den nordliga avgränsningen av ovannämnda dödisområde. Bilden kompliceras något av en isolerad topp, Duoddarcevvelaš (höjd 392 på geomorfologiska kartan, figur 2:11), belägen mitt emellan det ställe där randläget övertvärrar älven och de aktuella kullarna. Toppens relativa höjd är ca 100 m och så stor att den påverkat isrörelsen vid tiden för Alljavaejjmoränens avsättning varför ändmoräner med varierande riktningar inte kan uteslutas. Såväl söder som norr om området finns välutbildade israndrännor medan den glacifluviala erosionen inom området inskränker sig till en svagt utbildad ränna parallellt med och i anslutning till den nordnordvästliga linjen

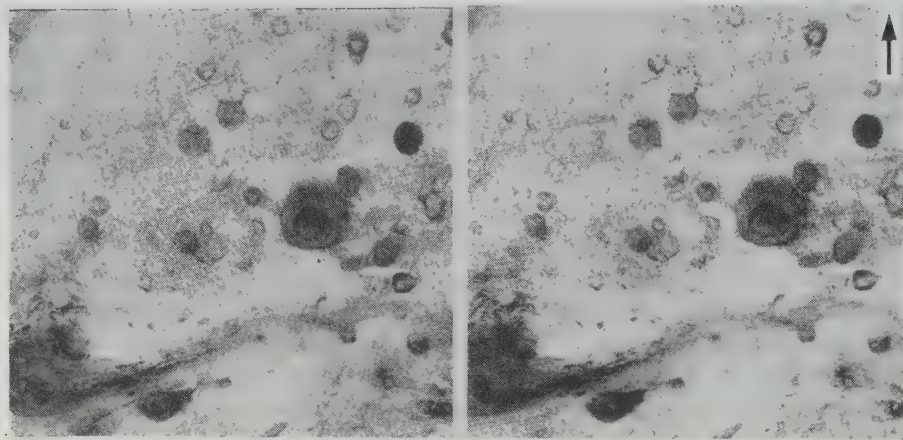
med kullar. Detta tolkas som att området vid tiden för i varje fall de nordliga rännornas utbildning skyddats av en is. Förekomsten av både i stort nordsydliga och västöstliga stråk talar för en tolkning som åsar respektive ändmoräner. Åsarnas riktning sammanfaller med såväl de glacifluviala rännorna som med en välutbildad liten ås. Materialet är korttransporterat, lokalt, varför sorteringen ej har hunnit genomföras längre. Det som tolkas som ändmoräner är koncentrerat till västra delen av området och i anslutning till Duoddarcevvella's sydsluttning. Det är inte fråga om ett direkt randläge med välutbildade ändmoräner utan redan från början svagt utbildade former som ytterligare reducerats och isolerats genom erosion.

Rosendahl (1931, s. 500) använder som redan berörts en lokal samisk term, miofta, för kullarna. Etymologiskt är termen något oklar. Det är inte något allmänt samiskt ord. Det som närmast liknar den är orden mievta och miekta. Från dessa kan man, på havssamiska, härleda miefta som uttalsmässigt torde kunna förväxlas med miofta enligt prof. Mikko Korhonen, Fenno-ugriska inst., Helsingfors (pers. komm. genom prof. Matti Seppälä, Geografiska inst., Helsingfors). Dessa ord betyder emellertid torvkulle något som gör dem olämpliga som benämning på de här aktuella kullarna. Rosendahls lokalangivelser är något oklara men huvuddelen gäller kullar av denna typ även om hänvisning till den typ som återfinns på Baseaerro förekommer, men då gällande individer utanför blockhaven. Då formerna således inte representerar någon enhetlig och unik genes, då de inte heller är unika för Varangerhalvön och då termen inte fått någon mer utbredd spridning bör användningen av den undvikas.

#### 4.4.4 Baseaerro - fossila glaciala/glacifluviala kullar inom blockhav

##### 4.4.4.1 Lokalbeskrivning

Detta område ligger inom norra platåområdet och utgöres av ett flackt blockhav på 400-500 m över havet (figur 4:12). Området benämndes Ordo fjeldet på den äldre topografiska kartan. Lokalen demonstrerades och diskuterades i samband med IGU:s "Coordinating Committee for Periglacial Research" fältnöte i september 1979. Blockhavets yta är svagt böljande och kullarna återfinns såväl i dalbotten och krönlägen som i sluttningar på upp till 5° lutning. Blockhavet är



Figur 4:12. Stereogram från Baseøaerø visande olika typer av kullar i blockhav. Bildsidan motsvarar ca 600 m. Delförstoring från originalskalan 1:35 000. Foto: Fjellanger - Widerøe A/S, Oslo.

*Stereogram showing different types of mounds in blockfield, Baseøaerø. The side of the photo equivalent to 600 m. Enlargement from original scale 1:35 000. Photo: Fjellanger - Widerøe A/S, Oslo.*

polygent till sitt ursprung. Fast berg, röd kvartsitisk sandsten, anstår i blockhavets sydöstra begränsning.

Kullarna uppvisar här en större formrikedom än de inom förra området men är genomgående mer eller mindre cirkulära. Morfologiskt kan olika grupper urskiljas. De ytmässigt största kan nå en diameter på 250 m men vanligen endast några meter i höjd. Polygonmönster är vanliga på denna låga flacka typ (figur 4:13). Betydligt allmännare är kullar med en diameter på 100-150 m och en höjd på 5-10 m (figur 4:14). En tredje, mindre, typ har en diameter varierande mellan några enstaka och i vissa fall tiotals meter och med höjder på någon eller några meter (figur 4:1). Utmärkande för de sistnämnda båda grupperna är att de omges av en svagt ringvallsliknande bildning. Det finns även icke topografiskt markerade bildningar i form av vegetationsbevuxna ytor med en diameter på 5-50 m. Fläckarna består av finare material än omgivningen. Denna typ har ej observerats utanför blockhaven, möjligen beroende på dess speciella karaktär.

Ett antal provgropar har tagits upp i de olika typerna av kullar. I ett exemplar av den mindre typen (figur 4:1) har en 24 m lång skärning, från ytterkanten till 2 m förbi





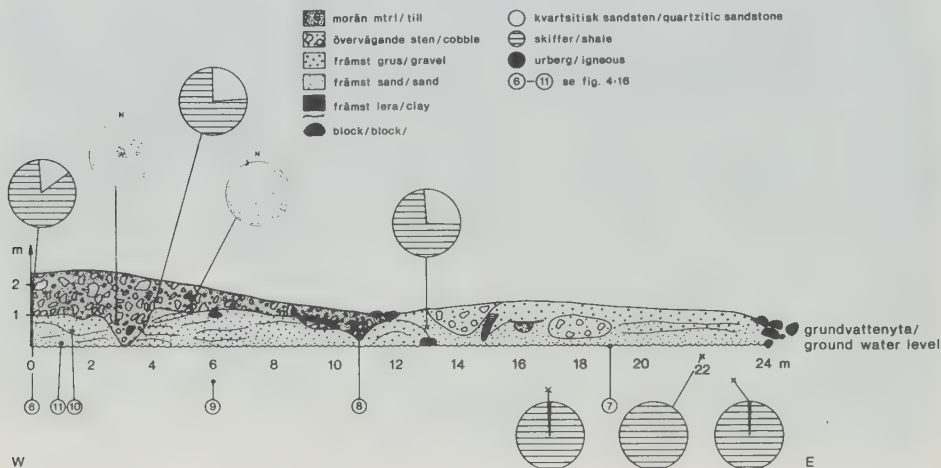
Figur 4:13. Del av stor låg kulle med polygonfåror. Base-  
caerro.

*Part of large low mound with polygon furrows. This type of mound can reach a diameter of several hundred metres. Basecaerro.*



Figur 4:14. Medelstor kulle med svagt utbildad ringvall. Läget för tre provgropar kan ses. För tvärsnitt se figur 4:18. Base✓aerro.

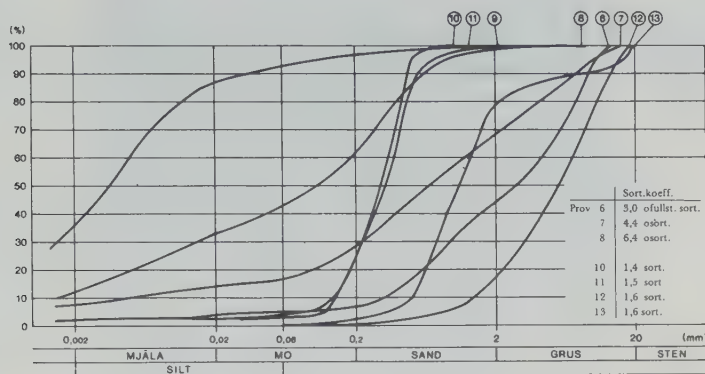
*Medium sized mound with weakly developed ring ridge. The localization of three test pits can be seen. For section see Figure 4:18.*



Figur 4:15. Skärning i mindre kulle av samma typ som den i figur 4:1. För kornstorleksfördelning se figur 4:16. Framträngande grundvatten begränsade gropens djup. Base✓aerro.

*Section from moderate sized mound similar to the one in Figure 4:1. For grain size distribution see Figure 4:16. Ground water limited the depth of the test pit.*

centrum, tagits upp och studerats (figur 4:15). Ytlagret utgöres till stor del av morän som överlagrar sorterat material delvis med flytstrukturer, linser och inneslutningar av lera eller stenigt-grusigt material. Strukturerna har på grund av framträngande grundvatten ej kunnat följas till större djup än 45 cm under omgivande blockhavs nivå. Kullen består av en inre central del, ca 20 m i diameter, avgränsad av en sänka (vid 12 m i figur 4:15) och omgiven av en svagt utbildad ringvall. Materialet i ytan skiljer sig mellan de två partierna så att det är finare och bättre sorterat i de perifera delarna. I gränsen mellan dem är ytan mer rik på block och skärningen visar konvexa strukturer och ett inslag av lersliror i sandigt-grusigt material. Den mot blockhavet gränsande delen uppvisar omväxlande stenigt-grusiga lager och mera finkorniga som böjer ner i blockhavet vid övergången till detta.



Figur 4:16. Kornstorleksfördelning i prover från kullen i figur 4:15 samt nedre delen i skärningen i figur 4:17.

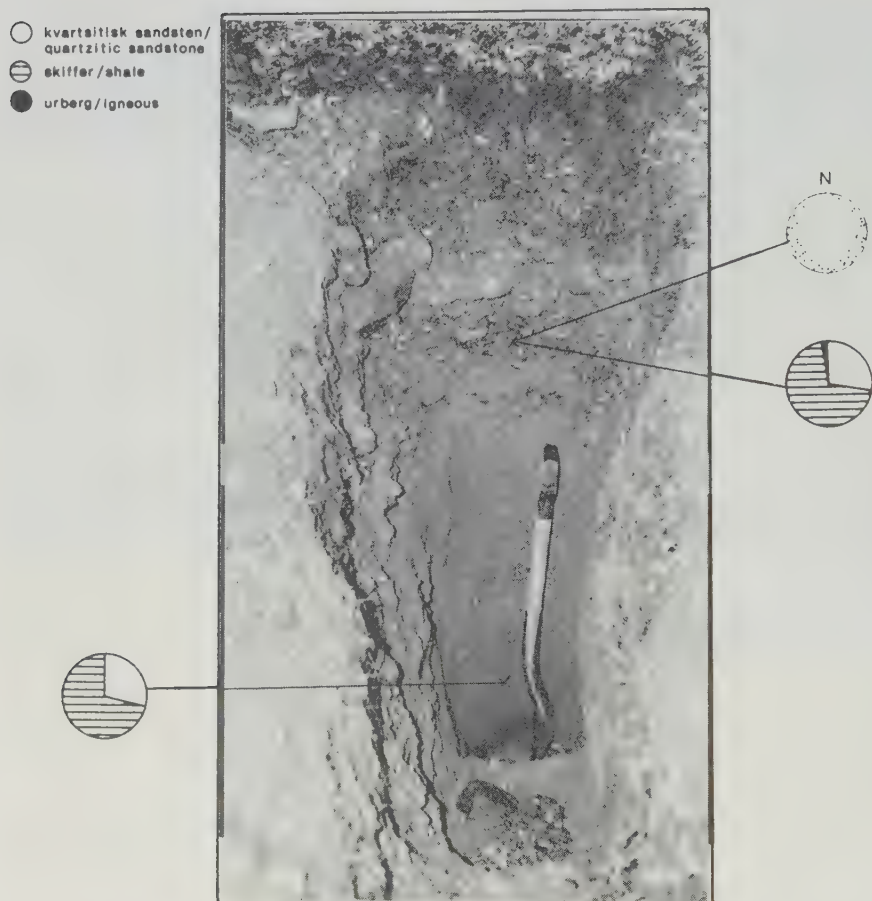
*Grain size distribution of samples from mounds on Baseäero. For localization see Figures 4:15 and 4:17.*

Skärningar från andra liknande kullar inom samma område visar även de sorterat material överlagrat av morän. Figur 4:17 visar hur ett 45 cm mäktigt parti av grovt material, med låg halt av finmaterial, överlagrar 180 cm välsorterat material bestående av grovsand med inslag av enstaka stenar. Detta undre lager fortsätter sedan ner under grundvattnen.

Bergartsmässigt dominerar kvartsitisk sandsten och skiffer med något enstaka inslag av urberg (figur 4:15). Fördelningen mellan dessa skiljer sig inte påtagligt mellan de olika provställena utan är främst abhängig partikelstorleken så att i blockhavet dominerar kvartsitisk sandsten medan skiffern svarar för de finare fraktionerna.

Dessa bergarter ger ofta upphov till partiklar utan framträdande längdaxel. Riktningsanalyserna visar inte heller någon utpräglad huvudriktning, dock kan en tendens till horisontell orientering hos partiklarna spåras. Undantaget finns i nedböjningen efter 3 m i figur 4:15 med en vertikal orientering.

Figur 4:18 och 4:19 visar en kulle av det något större slaget, ca 85 m i diameter med en höjd på 7,5 m och med en svagt utbildad omgivande ringvall. I den yttre begränsningen söker sig finmaterialet ner under blockmattan som här är ca 1/2 m mäktig. Profilen visar en avtagande blockhalt nedåt till ca 2 m djup där blockinslaget upphör i samband med att materialet blir sorterat, lerig sand med enstaka stenar och vid 3 m:s djup lerlinser och en lerigare



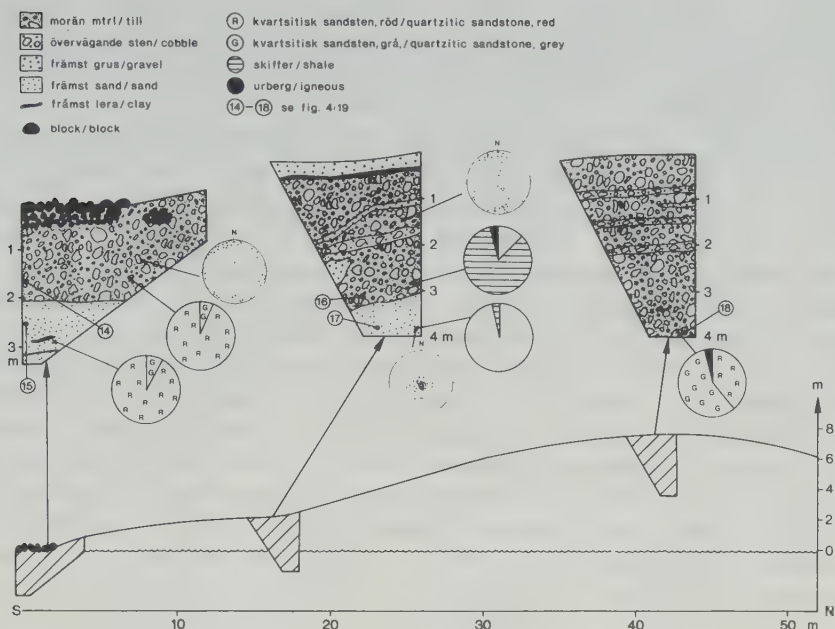
Figur 4:17. Provgrop i kullen i figur 4:1. Morän överlagrar väl sorterad grovsand. Spaden är 1 m. Baseæarro. För kornstorlekskurva se figur 4:16.

*Test pit in the mound in Figure 4:1 showing till overlaying well sorted very coarse sand. The spade is 1 m long. Baseæarro. For grain size distribution see Figure 4:16.*

horisont. Främst den översta metern ger intryck av att vara urtvättad. Speciellt mellan 2 och 3 meters djup förekommer rikligt med hårt vittrade stenar.

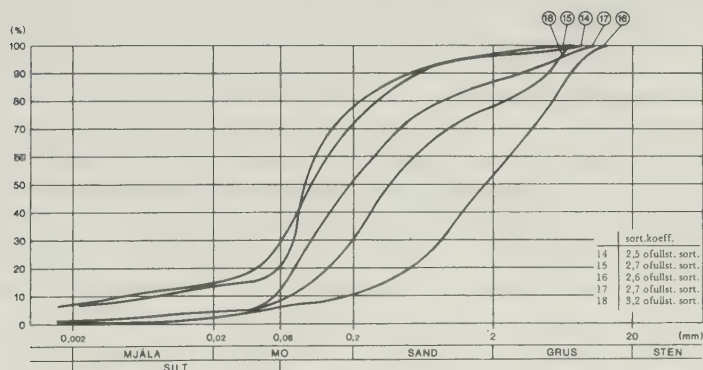
I övergången mellan det högre centrala partiet och den omgivande ringen har markytan en högre block- och stenhalt. Även här avtar blockhalten nedåt, men block återfinns i hela skärningen. Största blockhalten finns i ett lager bestående nästan uteslutande av block 1/2 m under markytan. Frånsett det översta partiet med skiffergrus som överlagrar lerigt grus dominerar blockigt stenigt grus avbrutet av dm-





Figur 4:18. Skärning i medelstor kulle med svagt utbildad ringvall (fig. 4:14). BaseČaerro. För kornstorleksfördelning se figur 4:19.

Section from medium sized mound with weakly developed ring ridge (Fig. 4:14), BaseČaerro. For grain size distribution see Figure 4:19.



Figur 4:19. Kornstorleksfördelning i prover från kullen i figur 4:18.

Grain size distribution of samples from medium sized mound on BaseČaerro. For localization see Figure 4:18.

tjocka partier med grusig sten. De olika lagren följer i stort markytans lutning. I de yttre delarna, således utanför kullens centrala högre del, finns knappt meterstora körtlar av stenigt skiffergrus.

I centrum, på toppen av kullen, består de översta 220 cm av omväxlande lager och linser av sand, sten och grus. Detta underlagras av en relativt lucker morän med enstaka block och låg halt av finmaterial.

När det gäller bergartssammansättningen (fig. 4:18) överväger kvartsitisk sandsten, främst röd, i blockhavskanten. Även i själva blockhavet dominerar denna, dock ej röd. Den röda färgen återkommer i lerlinser på 3 m:s djup i samma skärning och, svagare, i det leriga lagret nära ytan i övergången mellan kullens perifera och centrala del. Detta område har en mera varierande bergartssammansättning delvis med dominans av skiffer och med något enstaka inslag av urberg. Överst mot toppen återkommer den kvartsitiska sandstenen, fortfarande med något urberg. Här är den dock till största delen ljus eller grå.

Genom de aktuella bergarternas karaktär är många av stennarna som utnyttjats vid riktningsanalyserna på eller nära gränsvärdet för att i detta sammanhang kunna anses långsträckta varför resultatet av mätningarna bör nyttjas med viss försiktighet. Orienteringen är mer eller mindre horisontell både i de perifera och centrala delarna. I övergången mellan dessa är bilden något annorlunda. Strykningen är här radiell i förhållande till kullen medan stupningen ej visar någon dominant riktning.

#### 4.4.4.2 Diskussion

De tre lokalerna Basevaerro, Stourraskaidi och Raskaslako kan ses som representanter för olika stadier i en utvecklingsserie. Kullarna på Basevaerro har en svagt markerad ringvall men saknar insjunkning, de på Stourraskaidi består av en kulle med central insjunkning, medan på Rakaslako i vissa fall endast vallen återstår. Formerna återfinns i blockhav (huvudsakligen), på fjällhed respektive i myr.

De båda senare lokalerna representerar former av periglacialt ursprung. Det kan därför vara närliggande att diskutera en periglacial genes även för formerna på Basevaerro. De ligger huvudsakligen i dalsidelägen och endast till en mindre del i krön- eller dalbottenlägen (figur 4:6). Härigenom utesluts att det skulle vara frågan om rester av

pingos av typen closed system. Open system pingos förekommer normalt i sluttningar och där i de nedre delarna. De här aktuella bildningarna har emellertid en tendens att hålla sig i de övre delarna. Skälet till en ökad pingofrekvens i de nedre delarna av sluttningar torde vara att söka i de hydrologiska förhållandena och krav på ett visst hydrostatiskt tryck. Den sedimentära berggrunden på Baseøaerro erbjuder goda förutsättningar för tillgång till vatten och vatten förekommer i nutid på flera ställen i blockhavet, ofta i form av små semipermanenta vattenytor i anslutning till kullarna (figur 4:1). Under den del av deglaciationen då platåytorna mer eller mindre frilagts och isen koncentrerats till dalgångarna, t.ex. vid tiden för Kongsfjordmoränens, innerst i Kongsfjorden, utbildning bör de hydrologiska förhållandena, genom isens närvaro, varit annorlunda och betydligt gynnsammare ur denna synvinkel.

Svensson (1971) redogör, som tidigare berörts, för vegetationsklädda ej topografiskt markerade ytor av vindtransporterat finmaterial vid Falkfjellet. Motsvarande, något större, bildningar finns på Baseøaerro. Två exempel syns i övre halvan av figur 4:12. Depositionen av materialet anses här ha samband med källflöden. Runt dessa blir det fuktigare materialet mindre erosionsbenäget och växtligheten gynnas varvid erosionen ytterligare minskas, förutom att vidare deposition underlättas.

De olika typerna av kullar förekommer tillsammans utan någon inbördes differentiering av utbredningsmönstret. Detta mönster skiljer sig dock från det hos fossila pingos i Västeuropa där enskilda individer ofta överlagrar andra i ett kaotiskt mönster, på samma sätt som pingos av open system-typ i nutida periglaciala regioner ofta nybildas i anslutning till äldre degenererade exemplar. Mönstret skiljer sig även från det nordamerikanska vars "prairie mounds" normalt förekommer isolerade, men i fält snarare än grupper. Däremot liknar mönstret det som bildas av kullarna på Stourraskaidi, där det även, något norrut, förekommer enstaka isolerade exemplar. En väsentlig morfologisk skillnad mot dessa utgör avsaknaden av central fördjupning hos kullarna på Varangerhalvön. Kullarna ger dock ett något hop-sjunket intryck. En tolkning av den svagt utbildade vallen som en parallell till de övriga formernas ringvall synes osannolik. Stratigrafin i skärningarna (figur 4:15, 4:18) stöder i stället en tolkning som en sekundärt, främst genom jordflytning, utbildad modifiering av den ursprungliga formen. Kullarna uppbyggs av omväxlande sorterat och osor-

terat material med i stort en skiktning som följer markytan. Det saknas sålunda strukturer som tyder på kryoturba-tion liknande dem som redovisats av Dylik (1963) och Kostayev (1969). French och Dutkiewicz (1976) beskriver skärningar i kullar till storlek och delvis även morfologi inte helt olika Baseåerros. Deras skärningar visar på en mer vertikal, mot centrum riktad, stupning av lagren. Dessa kullar innehåller is men genesen är något oklar. De bör emellertid snarare föras till closed system pingos än till open system typen.

Vid jämförelser mellan vallens och fördjupningens respektive volymer kan man konstatera att det för de västeuropeiska pingoresterna råder ett massunderskott (Bik 1969, s. 106). Detta gäller även för formerna på Rakaslako medan det omvända gäller för formerna på Baseåerro och Stourraskaidi. Även för formodade fossila pingos i British Columbia föreligger ett massöverskott. Mathews (1963) förklarar detta med att inte endast rent vatten utan även en plastisk massa av övermättade glaciala avlagringar stått för formbildningen. För att materialet skall bli tillräckligt flytbenäget torde det dock krävas en betydligt större andel finmaterial än vad som här är fallet (figur 4:16). Aartolahti (1974) har beskrivit "ring ridge hummocky moraines" i norra Finland. Formerna bildar inte alltid slutna cirklar utan kan ge ett ganska kaotiskt intryck. De har normalt en diameter på mellan 20 och 200 m och en höjd mellan 0,5 och 4 m. De återfinns i de nedre delarna av svaga sluttningar. I utkanten av fälten förekommer ofta runda eller svagt elliptiska kullar, 1-5 m höga. Materialet består i allmänhet av ett undre parti med siltig, lerig morän och ett övre moränskikt med grövre innehåll. Tidigare har nämnts att formerna tolkas som uppressningsformer påbyggda och accentuerade av ablationsmorän. Liknande former rapporteras av Melander (1976) från ett område väster om Kiruna. Aartolahti (1975) beskriver även från mellersta Finland kullar av morän med inslag av sorterat material. Dessa former ges ingen enhetlig förklaring utan tolkas som antingen resultat av termokarst, rester av avlagringar i glaciärbrunnar i en stagnant is eller som dödisformer och sprickfyllnader. Kujansuu (1967) beskriver ringformiga ryggar (ring ridges) belägna på högre nivåer än glaciala dräneringskanaler. Ryggarna har här bildats medan dalgångarna varit isfyllda.

Studerar man det topografiska läget (figur 3:21) av de klungor med kullar som ligger inom blockhaven kan man



konstatera att de huvudsakligen förekommer i anslutning till förgreningar av större dalar eller (Falkfjellet) på isolerade toppar. Här finns goda förutsättningar för stagnant eller dynamiskt föga aktiv is under det skede av deglaciationen då isströmningen koncentrerats till dalgångarna. Vid en tunn, över de höga nordliga platåytorna relativt obetydlig, is kan dessa förhållanden ha varit för handen under ett längre skede.

Gravenor (1955) presenterar en glacial tolkning av "prairie mounds". Den baseras på en ojämn fördelning av ytmorän, eller en koncentration till glaciärbrunnar och andra håligheter, som genom det minerogena materialets isolerande förmåga leder till en invertering av reliefen. När omgivande is smält glider materialet ut från de begravda isresterna. Den vanligen förekommande fördjupningen bildas när iskärnan slutligen smälter. Tolkningen har fått visst stöd men även utsatts för kritik. Bik (1969, s. 97f) sammanfattar sin kritik i fyra punkter:

- A. För relieffens inventering krävs speciella klimatologiska förhållanden, speciell mäktighet och visst albedo hos avlagringen samt en bestämd istjocklek i förhållande till dessa faktorer. Uppfylls inte dessa krav sker antingen ingen eller flera inversioner vilket leder till en kulle utan fördjupning respektive en utspridning av materialet.
- B. De flesta prairie mounds är uppbyggda av morän av samma typ som omgivningen och inte av ablationsmorän som man borde kunna vänta sig.
- C. Formerna inom det av Bik beskrivna området, Foremost Cypress Hills, förekommer ej tillsammans med andra former bildade av en stagnant is.
- D. Gravenors hypotes förklarar inte det vanliga avbrottet i vällen.

Appliceras delar av Gravenors beskrivning av genesen på formerna på Baseøaerø bortfaller kritiken:

- A. Formerna saknar central fördjupning, varför det ej krävs någon inversion av topografin och därmed ställs inte heller krav på en viss istjocklek i förhållande till de övriga faktorerna.
- B. Både morän och sorterat material av inte strängt lokalt ursprung (urbergsinslag) ingår i kullarna. Moränen är till stor del fattig på de finare fraktionerna.
- C. Den postglaciala delen av blockhavsbildningen har utplånat många mindre former. Materialet kan följas ner i blockhaven (figur 4:18). De inledningsvis antydda icke topografiskt markerade ringarna med finare material i

blockhaven kan möjligen tolkas som rester av kullar med central fördjupning.

D. Denna invändning bortfaller då central fördjupning saknas här.

Den svagt utbildade vallen har ovan tolkats som sekundärt utbildad av jordflytning. Speciellt hos den ytmässigt största typen är ytan ofta uppdelad i små kullar (figur 4:13) vilket tolkas som rester av polygonbildning, något som även kan spåras hos de andra typerna. Däremot saknas polygoner i själva blockhavet. De finns dock utbildade i närliggande blockhav, t.ex. Buktkjölen (Svensson 1967), på ungefär samma höjd över havet. Längre västerut vid Trollfjorden återkommer både kullar och polygoner på samma lokal varför det är tveksamt om man av detta kan dra några slutsatser om tidpunkten för områdets friläggande från isen. Kullarna och deras åldersrelationer till blockhaven diskuteras ytterligare i kapitel 6.

#### 4.4.5 Stourraskaidi - fossila periglaciala kullar

##### 4.4.5.1 Lokalbeskrivning

Området är beläget ca 70 km väster om Varangerhalvön och ca 10 km söder om Laksefjorden (figur 4:3). Här återfinns på ca 360 m.ö.h. närmast cirkulära kullar vanligen med en central fördjupning. Formerna har identifierats och undersökts av Svensson (1964 c) som tolkar dem som degenerationsrester efter hydrolakkoliter. De här undersökta kullarna ligger i en liten grupp på en svag mot nordöst vettande sluttning. Diametern är 50-60 m varav upp till hälften upptas av fördjupningen vars botten är jämn men stenig och blockig. Kullarna når en höjd på upp till 3 m och sänkans botten ligger ca 1 m över omgivningen (fig. 4:21). Smärre vattensamlingar förekommer rikligt. Det är dock inte frågan om myrvegetation utan fjällhed. En av kullarna korsas av ett polygonmönster, något som även förekommer i samband med andra liknande bildningar i närheten (op. cit.).

Störst likhet med formerna på Varangerhalvön visar kullen nederst i fig. 4:20. Den saknar central fördjupning och berörs av ovannämnda polygonmönster. Formen är nästan cirkulär, diametern 30-33 m och höjden 2,5 m. Två provgropar togs upp, en i centrum och en i östnordöstra kanten (figur 4:22). Båda visar en hårt packad, spetthård, morän med



Figur 4:20. Flygfoto över kullar vid Stourraskaidi, söder om Laxefjord. Foto: Fjellanger - Widerøe A/S, Oslo.

*Air photo showing a group of mounds on Stourraskaidi south of Laksefjorden. The side of the photo equivalent to 600 m. Enlargement from original scale 1:20 000. Photo: Fjellanger - Widerøe A/S, Oslo.*

enstaka block och tändsticksstora leriga eller sandiga linser utan någon återkommande orientering. En jordmånsprofil var utbildad i de översta 25 cm. Motsvarande resultat erhöles för inre delen av ringen i en intilliggande individ med mera välutbildad centralsänka.

Bergartsinnehållet visar samma bild för de olika provgröparna (figur 4:22). Riktninganalyserna anger ingen dominant riktning, dock finns en svag tendens till en mera horisontell orientering för kullen med centralsänka. Viss försiktighet bör även här iakttagas vid tolkningen då det kvartsitiska materialet ej lämpar sig för denna analys.

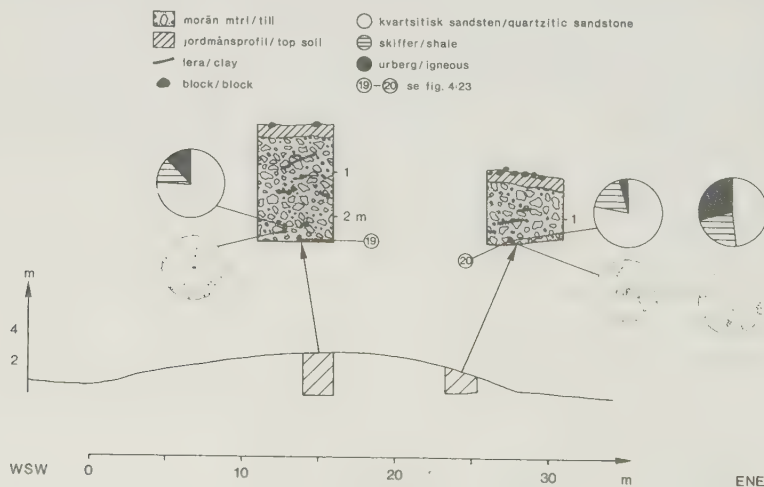
Inga tecken på is eller permafrost påträffades (augusti 1981). Svensson (op. cit.) illustrerar sin artikel med en serie markbilder. Fotograferingspunkterna för dessa lokaliseras och motsvarande bilder togs. En jämförelse mellan bildgenerationerna visar inte på någon förändring av morfologin, stjälpning, glidning av block eller motsvarande utan pekar på stabila förhållanden (figur 4:21).





Figur 4:21. Centrala delarna av den vänstra kullen i figur 4:20, aug. 1981. Motsvarande foto finns i Svensson 1964 c, figur 7.

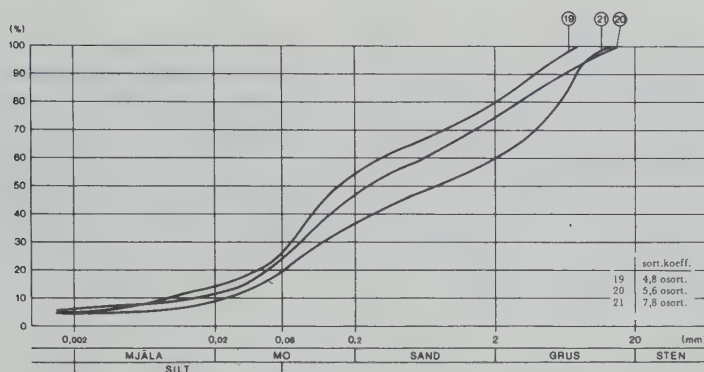
*The central parts of the left mound in Figure 4:20. A comparison between this photo (August 1981) and a corresponding photo from 1964 (Svensson 1964 c, Figure 7) indicates stable ground conditions.*



Figur 4:22. Skärning i kullen nederst i figur 4:20. För kornstorleksfördelning se figur 4:23.

*Section from mound without central depression, the lowest one in Figure 4:20. For grain size distribution see Figure 4:23.*





Figur 4:23. Kornstorlekskurvor för prover från kullen i figur 4:22.

*Grain size distribution of samples from the mound in Figure 4:22.*

#### 4.4.5.2 Diskussion

Formerna på Stourraskaidi och Rakaslako undersöktes för att kunna fungera som referenslokaler vid tolkningen av formerna på Varangerhalvön. Insatserna på den förstnämnda lokalen koncentrerades till den kulle som saknade central fördjupning då den visade störst likhet med bildningarna på Base-Åerro. Kullarna ger ett statistiskt intryck och detta styrks vid en jämförelse mellan fotografierna i Svenssons artikel (1964 c) och motsvarande från 1981. Även jordmånsprofilen pekar på att formerna varit fossila en längre tid. I lokalbeskrivningen berörs ett polygonmönster. Liknande mönster förekommer även i samband med andra liknande kullar (Svensson 1969 a, s. 97 och 102). Polygonmönstrets regelbundenhet på kullen gör det troligt att kullen erhållit sin nuvarande form redan vid tiden för mönstrets utbildande. På Varangerhalvön kan polygonerna, med hjälp av strandlinjer, konstateras vara ej yngre än Yngre Dryas (Svensson 1971, s. 26) Uppsprickning längs polygonfårar förekommer även i nutid på Varangerhalvön (Svensson 1969 e). Åldersbestämningar av fossila pingos baseras ofta på C14-datering av torv från det centrala partiet. Här saknas den möjligheten då botten mest består av block (figur 4:20).

Speciellt kullen utan central fördjupning har jämförts med övriga i Västeuropa beskrivna fossila pingos uppseendeväckande stort överskott på material. Flemal (1976, s. 41) tolkar detta som ett resultat av att omgivningen i högre

grad än själva pingoresten sänkts genom termokarstprocesser i samband med permafrostens försvinnande. Resonemanget grundas på iakttagelsen att permafrost saknas eller har mindre mäktighet under periglaciala sjöar, i det här fallet platsen för pingon.

Formerna är utbildade i morän, dessutom hårt packad och jämförelsevis grov, vilket för pingos är ovanligt om än inte unikt, se t.ex. Seppälä (1972). Bristen på regelbunden orientering hos stenarna (figur 4:22) förefaller inte osannolik hos en kollapsform och Svensson tolkar (1964 a) formen som resultatet av en hydrolakkolit. Genesen tas senare upp till förnyad diskussion (Svensson 1969 a, s. 10) i samband med analys av andra, något sydligare belägna, aktiva låga frost mounds vid Corgosjokka med en genes närmast besläktad med palsarnas och särskilt mineraljord-palsarnas. Denna genes tillskrivs även formerna på Stourra-skaidi. Den relativt begränsade mängden silt (figur 4:23) och frånvaron av torv minskar möjligheterna till bildning av segregationsis varför även injektionsis torde spelat en aktiv roll vid utbildningen av formerna.

#### 4.4.6 Rakaslako - recenta periglaciala kullar

##### 4.4.6.1 Lokalbeskrivning

Rakaslako ligger ca 5 km väster om Björkliden i Nordsverige (figur 4:3). Lokalen består av en flack, blöt myrbevuxen sänka ca 880 m.ö.h. Vatten tillförs såväl från Rakasjåkka, som passerar området, som från semipermanenta snöfält i omgivningen. Här förekommer cirkulära vattensamlingar 10-12 m i diameter, omgivna av en 1-2 m hög vall (Rapp & Rudberg 1960, Rudberg 1962 a, b, Nordenstam 1963). Den geomorfologiska kartan (Melanders 1977) bibehåller Rudbergs benämning, sammansjunkna pingo (collapsed pingo), och redovisar ytterligare exempel inom samma kartblad. Rapp benämner dem (1983) small thermokarst ponds.

Inom området finns som nämnts ett flertal vattensamlingar, 1-2 m djupa, varav en del omges av en vall. De mest välutbildade når ovan angivna mått och är oftast belägna i direkt anslutning till bäcken som i ett tillfälle även brutit igenom vallen. Vallen är kraftigt påverkad av tjäl-skjutning. Den är försedd med längsgående sprickor och delar av vallen kasar ner i sjön. Exemplet i figur 4:24 tillhör de mera välutbildade. Höjden är 0,75-1,5 m, bredden

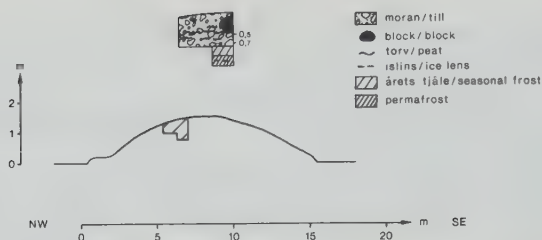


Figur 4:24. Välutvecklad "collapsed pingo" i typiskt läge (aug. 1982). Den lilla kullen till höger på vallen saknas på fotografier från 1978. Rakaslako.

*Well developed "collapsed pingo" in typical position. The small mound to the right on the ring ridge does not exist in photos from 1978. The background gives an impression of the locality, Rakaslako northern Swedn.*

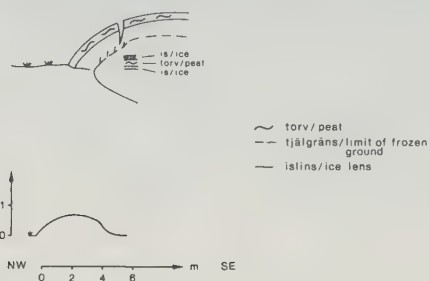
3-7 m utom i norra delen, längst från jokken, där den överstiger 10 m. Block och stenar är orienterade tangentiellt utom i yttersidan där, de påverkade av solifluktion, stupar  $10^0$  mot centrum. Materialet är osorterat och finkornigt med 20-30 % ler och mjäla. Dess flytbenägenhet förhindrar upptagandet av provgropar. Vallen innehåller tjäle, i augusti 1982 på 45 cm djup, i september 1983 på 100 cm. Stenfrekvensen är störst i ytan och i det frusna partiet medan blockhalten är störst i ytan.

En annan närliggande vattensamling omges av en låg vall, några decimeter hög, 40 x 15 m. Själva vattensamligen mäter endast 10 x 7 m och huvuddelen av ytan upptages av en 2,5 m hög ej torvklädd kulle. Sjön ligger i formens ena spetsiga (norra) begränsning. Även i motsatt ände av formen finns en motsvarande fördjupning. Denna är dock mindre välutbildad och utgör närmast ett konkavt inslag i den i övrigt konvexa formen. Denna sänka når ej ner under vallens höjd och är ej vattenfylld. En skärning i kullens centrala delar (figur 4:25) visar morän med inslag av smärre torvlinser och en mera uthållig torvhorisont med vedrester på 45 cm djup. C14-datering av material från horisonten ger en ålder av  $2\,670 \pm 50$  B.P. (Håkansson 1984). Årets kvardröjande tjäle återfinns på 80 cm djup (augusti 1982) och permafrost på



Figur 4:25. Skärning i kulle av den större typen (se fig. 4:28), aug. 1982. Rakaslako.

*Section from a large sized mound, Figure 4:28, August 1982, Rakaslako.*



Figur 4:26. Skärning i torvklädd kulle av medelstorlek (se fig. 4:30), aug. 1982).

*Section from a medium sized, peat covered mound, Figure 4:30, August 1982. Rakaslako.*

107 cm. Det senare partiet innehåller enstaka små islinser, däremot saknades islager vid grävningen. Isen förekommer i stället främst som iscement. Materialet är lerigt, osorterat, men med något lägre lerhalt än i föregående provgrop. Orienteringen hos stenarnas längdaxlar är i stort parallell med markytan.

Ytterligare en provgrop har tagits upp i en kulle, 12 x 5 m, i direkt anslutning till jokken (figur 4:26). Kullen är torvklädd, 1,4 m hög, och liknar en kupolpals med uppsprucken yta. Sprickorna sträcker sig genom 15 cm torv och finkornig mineraljord ner till årets kvardröjande tjäle på 50 cm djup (augusti 1982). Frostytan böjer ner i samband med sprickorna. Permafrost påträffas efter 60 cm. Vid 80 cm djup finns en 10 cm tjock islins med klar is utan luftbubblor eller föroreningar. Den underlagras av 10 cm med fyltitskärvor, torv och något mineraljord samt ytterligare en



10 cm tjock islins med segregationsis. Permafrostytan fortsätter inte ut i den omgivande myren utan går i stället att följa in under palsen. C14-datering av torv från skiktet mellan islinserna gav åldern  $8040 \pm 80$  B.P. (Håkansson 1984). Vatten under tryck trängde fram både vid upptagande av denna provgrop och vid andra i liknande former och lägen.

Mindre termokarstformer förekommer flerstädes inom området i anslutning till jokken. Vidare förekommer rikligt med låga, 0,5-1 m höga, 2-3 m breda ryggar med längd upp till 150 m (figur 4:27). Ryggarna har ofta longitudinella sprickor och är klädda med död eller döende myrvegetation. De liknar närmast åspalsar enligt Åhmans (1977) terminologi.

Av speciellt intresse är en liten kulle på det bredaste partiet av vallen hos den först beskrivna vallomslutna vattensamlingen (figur 4:24). Kullen existerar inte på fotografier tagna 1978 (R. Nyberg, Naturgeografiska inst., Lunds univ., pers. komm.). I augusti 1982 var den meterhög och 3 x 5 m i diameter. Till september året därpå hade den ökat något i omkrets men ej påtagligt i höjd. Ytan utgöres



Figur 4:27. Lång rygg med död eller döende vegetation. Rakaslako.

*Long ridge with extinct or dying vegetation. Rakaslako, August 1982.*

av finkornig mineraljord med obetydligt och kraftigt sönderbrutet vegetationstäck.

#### 4.4.6.2 Diskussion

Här är det till skillnad från tidigare områden fråga om recenta och aktiva former. Lokalen hyser ett rikhaltigt sortiment av periglaciala former. Uppmärksamheten har tidigare koncentrerats mot de ringvallsomgärdade sjöarna, "collapsed pingos" (Rapp & Rudberg 1960, Rudberg 1962 a och b, Nordenstam 1963, Melander 1977 och Rapp 1983). De har påtagliga likheter med de av Svensson (1969 a) beskrivna och ovan nämnda "collapsed frost mounds" vid Corgosjokk i Nordnorge (figur 4:3). Överensstämmelsen gäller såväl topo-



Figur 4:28. Kulle av den större typen med ringvall. För skärning se figur 4:25. Kullen befinner sig i ett yngre stadium än den i figur 4:24. Rakaslako.

*Large sized mound with ring ridge. For section see Figure 4:25. The form represents a younger stage than the one in Figure 4:24. Note the pond encircled by a ring ridge, to the right. Rakaslako.*

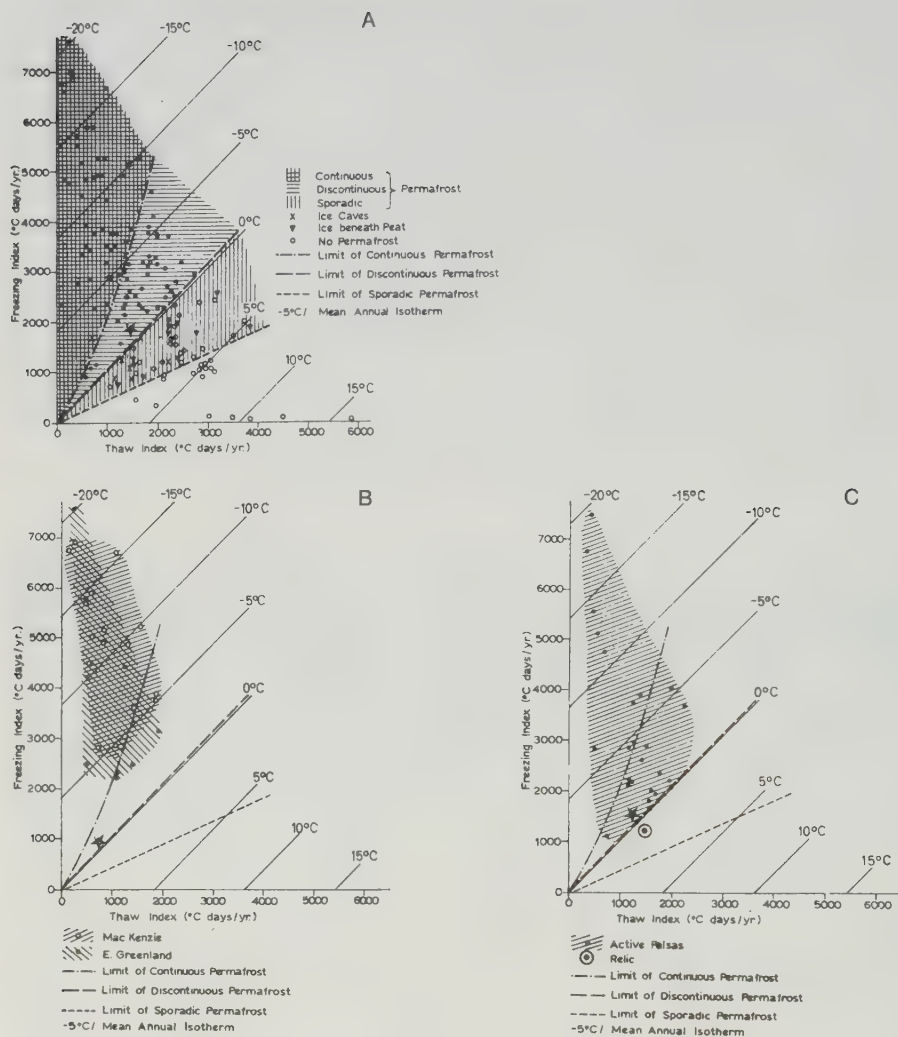
grafiskt läge som detaljmorfologi. Formerna på Rakaslako är dock utbildade i något grövre material.

Wramner (1972, s. 35ff) beskriver från Taavavuoma (figur 4:3) mineraljordspalsar liknande kullen i figur 4:28. Bildningarna förekommer i östra utkanten av myrkomplexet, i närheten av strömmande vatten. Inom området förekommer alla övergångsformer från normala torvpalsar via mineraljordspalsar till vattenamlingar omgivna av en låg vall. Materialet i kullarna består av islaminerad silt och ingen skillnad görs för genesen mellan de olika ytformerna. Formerna tolkas som palsar eller mellanformer mellan palsar och pingos.

Ett sätt att ur periglacial synvinkel beskriva ett områdes klimat är att beräkna tö- och frysindex. Genom att göra detta för platser med olika periglaciala formelement har Harris (1981 a, b, 1982) i diagramform gett en bild av formernas zonala utbredning. Diagrammen baseras på dygnsmedeltemperaturerna och metoden är endast tillämplig för lokaler med mindre än 50 cm snötäcke. Det finns inga temperaturdata tillgängliga från Rakaslako, men för att få en grov uppfattning om sannolikheten för förekomst av olika frostformer har tö- och frysindex beräknats på dygnsmedelvärden för temperaturen under åren 1924-1928 från klimatstationen i Abisko (Meteorologiska iakttagelser). Genom avsaknaden av klimatstation vid Rakaslako fattas även uppgifter om snötäckets mäktighet. Det bedöms dock inte som uteslutet att det håller sig inom gränsen för metodens tillämplighet (R. Nyberg, Naturgeografiska inst., Lunds univ., pers. komm.). Det på detta sätt erhållna värdet placerar lokalen inom zonen med diskontinuerlig permafrost, på gränsen mot sporadisk (figur 4:29 A). Läget förefaller rimligt med tanke på sporadisk permafrost i form av palsar och uppgifterna om permafrost vid Låktatjokko några kilometer mot väster där på drygt 1200 m.ö.h. 70 m permafrost påträffats i samband med brunnsborrning (Ekman 1957). Det beräknade värdet faller inom zonen med palsar (figur 4:29 B). Det ligger även inom utbredningsområdet för termala

När det gäller formerna vid Corgosjokka anser Svensson (1969 a, s. 10) att de för närvarande är under nedbrytning. Även Wramner (1973, s. 100) anser att nedbrytning dominerar över tillväxt, inom Taavavuoma, även om intensiteten minskat. Spolanskaya och Evseyev (1973) redogör för 2.5 m höga kullar i utkanten av en myr i västra Sibirien. Kullarna har en diameter på 30-80 m och innehåller en finkornig mineraljordskärna med horisontella islager. Det förekommer även





Figur 4:29. Abiskos läge, (stjärnan) enligt tös- och frys index, i förhållande till A. fördelning av olika typer av permafrost utbredning av B. aktiva pingos och C. palsar. (Kompletterad efter Harris 1981, s. 81,85.)

Thaw-freeze diagram placing Abisko (star) in relation to:

A. distribution of permafrost zones

B. active pingos

C. active palsas

(completed from Harris 1982, p. 81, 85)

ryggformade varianter 1-2 km långa, upp till 200 m breda och med höjder på 8-10 m. Ytan hos de största är ofta uppsprucken och kan bestå av såväl torv som mineraljord. Kullarna synes vara allmänna - "commonly known to all ex-



plorers of Western Siberia". Författarna nämner ej termen bugor utan kallar formerna large-sized hummocks. Det är av beskrivningen att döma frågan om både vanliga palsar och mineraljordspalsar. Den frusna kärnan flyter fritt i myren och nedbrytningen sker genom avsmältning underifrån. Formerna befinner sig under tillbakagång och utgör rester från under sen-holocen bildade former i samband med temperatur-sänkningen efter värmemaximum.

Det är svårare att avgöra om formerna på Rakaslako som helhet befinner sig under nedbrytning. De runda vallomgärdade vattensamlingarna (figur 4:24) utgör ett sent nedbrytningsstadium, men även kullen i figur 4:25 och 4:28 visar tecken på tillbakagång. De mera palslika bildningarna (figur 4:30) befinner sig i olika utvecklingsstadier. Flera av de mindre ej vallomgärdade vattensamlingarna kan tolkas som spår efter borteroderade palsar, medan den undersökta (figur 4:30) ännu inte befinner sig i ett aktivt nedbrytningsstadium. Flera mindre torvkullar kan uppfattas som embryonala palsar. Här synes sålunda närmast ett jämviktsläge råda. De långsträckta ryggarna (figur 4:27) bör vara unga bildningar med tanke på den vissnade men ej nedbrutna vegetationen. Den nybildade kullen (figur 4:24) i anslutning till en ringvall är en helt ung bildning. Det är dock oklart om dess genes är identisk med de övriga bildningarnas. Inga försök att ta upp skärningar i den har gjorts då det bedömdes dels vara mer värdefullt att kunna följa dess tillväxt och dels vara utsiktlöst med tanke på risken för jordflytning. Sammantaget synes de större formerna i huvudsak befinna sig i olika nedbrytningsstadier medan balans råder för de mindre formerna.

Svensson (1960 a, s. 10) diskuterar nedbrytningen av formerna vid Corgosjokk som ett resultat av nutida klimatfluktuationer. Spolanskaya och Evseyev (1973, s. 282) förlägger bildningen av de västsibiriska kullarna till en betydligt äldre period. Wramner (1972, s. 48) konstaterar att nedbrytningen av palsar i Taavavuoma motsvaras av nybildning i samma omfattning medan huvuddelen av de palsliknande formerna i mineraljord befinner sig i ett mer eller mindre utpräglat nedbrytningsstadium och att det saknas individer som visar tecken på att vara i tillväxt. Han drar slutsatsen att förhållandet är ett resultat av den klimatiförbättring som lämnat många spår i de svenska fjällen. Förändringen är dock inte tillräckligt stor för att påverka palsarna. Åhman (1977, s. 124) anser för nordligaste Norge att den onormalt varma första hälften av 1900-talet innebu-



Figur 4:30. Medelstor torvklädd kulle. För skärning se figur 4:26. Rakaslako.

*Figure 4:30. Medium sized, peat covered, mound. For section see Fig. 4:26. Rakaslako.*

rit en acceleration av erosionsprocesserna som sedan till stor del blivit självgenererande. Två torvprover från Rakaslako har C14-daterats vid Laboratoriet för C14-datering vid Lunds universitet (Håkansson 1984). Det ena är från torv mellan de översta islagren (figur 4:26) och gav åldern  $8\,040 \pm 80$  B.P., d.v.s. i slutet på boreal tid. Har ingen omblandning av torven skett så bör det nedersta torvskiktet ge en ålder på myren. Deglaciationen inom området påbörjades för ca 9 000 år sedan (Melanders 1977) och myren har sålunda bildats strax efter att området frilagts från is. Övergången mellan lera och gyttja i bottensediment från Vuolep Njakajaurre sydväst om Abisko har C14 bestämts till  $7\,690 \pm 130$  B.C. (Sonesson 1968, s. 495). Den överlagrande mineraljorden kan tolkas som om myrbildningen senare avbrutits. Vid kullens tillväxt har torvbildningen vid ytan upphört. Kullens torvtäcke anger sålunda att formen är av yngre datum än det daterade torvlagret.

Den andra åldersbestämningen gällande torvhorisont i en

större kulle (figur 4:25) gav  $2\ 670 \pm 50$  B.P. som resultat vilket sammanfaller med början på den postglaciala klimatförsämringen vid slutet av subboreal tid (Berglund 1968). Klimatet var då något fuktigare och detta i kombination med klimatförsämringen gav föutsättningar för solifluktion. Torvhorisonten tolkas som en fossil solifluktionslob och anger därmed en maximiålder för kullen som ej kan ha funnits vid tiden för lobens utbildning.

Lokalen överensstämmer ganska väl med de övriga tidigare diskuterade på så sätt att de ej torvklädda kullarnas bildning bör ha initierats under ett något strängare klimat och att formerna nu befinner sig under nedbrytning medan det för de mindre och torvklädda formerna råder bättre jämvikt mellan nedbrytning och nybildning. Det nuvarande klimatet är tillräckligt för att tillåta bildning av smärre "frost-mounds" av olika slag. Kullen utan torv i figur 4:25 och ringvallarna som omgärdar vattenytor (figur 4:24) tolkas som olika utvecklingsstadier av samma form. I provgruppen påträffades endast tunna obetydliga islinser varför det är obekant om formen orsakas av en hydrolakkolit eller linser med segregationsis. Materialet är gynnsamt för utbildning av den senare istypen. Vatten under tryck har påträffats vid upptagning av provgröpar inom området vilket kan tas som ett indicium på att även den förra istypen förekommer. Det synes sannolikt att båda istyperna förekommer i kullarna men att, med tanke på lokalens läge inom klimatzonerna (figur 4:29 A) segregationsisen dominerar. Formerna utgör alltså en parallell till dem vid Corgosjokk.

Det bjuder på problem att finna en adekvat term för formerna. Pingo associeras normalt med en kärna av ren is, en hydrolakkolit. Mackay (1978, s. 146) framhåller emellertid beträffande pingos att: "The ice core may be composed entirely of intrusive ice, formed from the freezing of bulk water, or of ice lenses interlayered with soil, or of any gradation between the two ice types". Pingos uppvisar vanligen betydligt större dimensioner än vad som här är aktuellt. French (1971) beskriver dock endast halvmeterhöga kullar med en genes av typen "closed system". Han reserverar sig genom att benämna dem "pingo-like forms on a micro scale". Kanske sammanfattar Åkerman (1982) bäst problemet då han konstaterar att det återstår många olösta frågor speciellt när det gäller mellanformer mellan palar och pingos.

Det finns olika meningar om termen palar skall baseras på torvtäcket eller typen av is. Åhman (1977, s. 131) företrä-



der den senare åsikten och definierar en "Ren mineraljordspals utan torvtäcke. Avsaknaden av torv måste kompenseras med en lägre sommartemperatur. Højningen orsakas av segregationsis i marken". Wramner (1972, s. 47f) påpekar skillnaden i att medan palsar i torv bryts ner genom blockerosion bryts bildningarna i mineraljord ner genom kollaps och hopsjunkning i de centrala delarna.

Då förekomsten av injektionsis ej kan uteslutas bör kullen tills vidare föras till den större, ej närmare definierade, gruppen av "frost mounds" även om de av allt att döma står mineraljordspalsarna nära. Däremot bör de ej klassificeras som pingos om ej kärnor av ren injektionsis påträffas. Islinserna i de torvklädda kullarna är förhållandevis mäktiga (figur 4:26) och innehåller i vissa fall vertikala långsträckta luftblåsor. Islinser i palsar på upp till 70 cm har rapporterats från en myr vid Laxelv, Nordnorge (Åhman 1977, s. 87). Vertikalt orienterade luftbubblor kan ses som ett kriterium på segregationsis (French 1976, s. 79). Med hänsyn till detta, formernas utseende och att gruppen skiljer sig från den tidigare genom att synas vara i balans med klimatet förs dessa kullar till gruppen palsar i traditionell mening, men med mineraljordskärna och förhållandevis obetydligt torvtäcke. Härvid utnyttjas en palsdefinition utgående från torvkäcket. Den nybildade kullen (figur 4:24) utgör ett mera efemärt exempel på frost mounds, frost blisters.

Anmärkningsvärt är dock läget i direkt anslutning till rinnande vatten. Detta är inte typiskt för palsar utan ger i stället goda förutsättningar för utbildande av injektionsis. För att konstatera förekomsten av denna istyp krävs borrhningar eller grävningar av större omfattning än vad som här företagits. Tills vidare tolkas därför formerna som ovan.

#### 4.4.7 Slutsatser

Kullarna på Varangerhalvön har undersökts med utgångspunkt från fyra inledningsvis uppställda frågeställningar. Undersökningarna och diskussionen har gett följande resultat:

1. Formerna är inte unika för Varangerhalvön.
2. Formerna har ingen gemenam genes utan den varierar både regionalt och inom de olika områdena.
3. Formerna kan inte användas som klimatindikatorer annat än att de allmänt visar på deglaciationen. Bildningar-



na på Maddavarri kan visserligen i vissa fall knytas samman till randbildningar men av alltför obetydlig storlek och uthållighet för att kunna användas som klimatindikatorer.

4. Formerna är av glacigent ursprung och kan därigenom utnyttjas vid en diskussion av deglaciationen.

Formerna inom de olika detaljundersökta områdena är av olika karaktär och ges olika tolkningar.

Maddavarri. Inom området finns kullar med varierande genes.

Både rullstensåsar och änd- eller randmoräner förekommer. Formerna är inte alltid välutbildade och har delvis modifierats genom erosion. Materialet är korttransporterat och har ej hunnit genomgå sortering i större utsträckning. Tolkningen grundas på material, stenorientering och läge i terrängen. Främst frånvaron av finfraktionerna talar mot uppressningshypotesen. Användningen av termen miofta rekommenderas inte då formerna har olika genes och ej består av torv som termer antyder.

BaseCerro. De vegetationsklädda ej topografiskt markerade finmaterialtyterna skiljer sig från de övriga. De förra består av ansamling av finmaterial och vegetation i anslutning till källflöden. De senare byggs upp av morän och glacifluvium som samlats i ojämnheter och glaciärbrunnar på en stagnant is. Formerna har sekundärt modifierats genom solifluktion och, främst för större individer genom polygonbildning. Mindre former och ett tunt jämnt moräntäcke har försvunnit i blockhavet genom postglacial frostsortering. Tolkningen baseras i första hand på lokalens stormorfologiska läge som gynnat utbildning av en stagnant is, kullarnas materialsammansättning och dess strukturer. Fördelningen av formerna inom halvön antyder skillnader mellan södra och norra halvön. Materialet inom den senare delen pekar mot en relativt tunn is och koncentration till de stora dalgångarna, eventuellt i kombination med ett tidigare friläggande av denna halva.

Stourraskaidi. Lokalen har använts som jämförelseobjekt. Kullarna har av Svensson (1964 c och 1969 a) tillskrivits en genes nära besläktad med mineraljordspalsarnas. Formerna är fossila och visar vid jämförelse mellan markfotografier av olika generationer på mycket stabila förhållanden, även för kullen utan central insjunkning. Kullarna är uppbyggda av anmärkningsvärt hårt packad morän.

Rakaslako. Lokalen ligger temperaturmässigt inom zonen med diskontinuerlig permafrost, på gränsen mot sporadisk.

Former med olika genes förekommer inom området:

"Sjöarna" med ringvall, de s.k. "collapsed pingos", anses uppbyggda av en kombination av segregationsis och injektionsis och utgör motsvarigheter till vissa av dem på Taavavuoma och vid Corgosjokka. Frågan om en relevant term kvarstår, mineraljordspals är ej allmänt accepterad och bugor är ej tillräckligt klart definierad. Formerna förs till den vida gruppen frost mounds. De har initierats under ett kallare klimat och befinner sig till stor del under degeneration.

De torvklädda kullarna är enligt en definition baserad på torvtäcket traditionella palsar med mineraljordskärna. Även de långsträckta ryggarna anses ha samma genes. De senare har dock inte undersökts närmare. Formerna befinner sig i jämvikt med klimatet. Även mera kortlivade småformer av "frost mounds", "frost blisters", förekommer.

Formernas läge intill rinnande vatten tyder på närvaro av injektionsis. Detta har dock ej kunnat bekräftas vid föreliggande begränsade undersökningar.

## 5. ISRANDBILDNINGAR - LÄGE, ÅLDER OCH RELATION TILL BLOCKHAVEN

### 5.1 Inledning, bakgrund och syfte

Varangerhalvön utgör, genom sitt perifera läge i Skandinavien och weichselisens utbredningsområde, ett intressant område för glacialmorfologiska studier rörande maximala isgränsen och deglaciationens inledningsskeden. Området täckes av extensiva blockhav och vissa partier inom undersökningsområdet utpekas som förmodade glaciala refugieområden (kap. 3), vilket förstärker ovan gjorda påståenden.

Fram till 1970 var få israndlägen kända inom halvön, men flygfotografering av hela området ledde till upptäckter av ett flertal sådana. Flygbildstäckningen medförde att glacialmorfologin kunde överblickas på ett sätt, som inte tidigare varit möjligt.

Syftet med föreliggande kapitel är att dokumentera inom halvön karterade israndlägen och att relatera dem till övriga glaciala och glacifluviala former, samt att försöka absolutdatera dem. Detta syfte skall ses mot bakgrunden av en övergripande problemställning, som kan formuleras enligt följande (jfr kap. 3.4.1): Vilken ställning intog blockha-

ven under den senaste nedisningen och i anslutning till deglaciationen? Angående åldersangivelser, se kapitel 1.1.

## 5.2 Tidigare undersökningar

### 5.2.1 Allmänt

Den första upptäckten av israndlägen inom Varangerhalvön kan dateras till 1917 (jfr Holtedahl 1929, s. 12) och avser en välutbildad ändmorän i Straumen innerst i Kongsfjorden på Varangerhalvöns nordsida (geomorfologiska kartan). Ändmoränen benämnes i fortsättningen Straumenmoränen (jfr Sollid et al. 1973, s. 263). Holtedahl (1929, s. 13-14) inför visserligen beteckningen Inre Kongsfjordmoränen eller enbart Kongsfjordmoränen för denna randbildning, men då samma författare genom studier av sjökort identifierar submarina ryggar i anslutning till fjordarna på halvöns nordkust, förefaller den här valda beteckningen mera adekvat (jfr även Holtedahl 1960, s. 716-718). De nämnda submarina ryggarna är genombrutna på flera ställen vilket ses som ett resultat av det rinnande vattnets aktivitet, och ryggarna tolkas som ändmoräner bildade på land, d.v.s. att havsytan vid tiden för moränernas bildning var betydligt lägre än i dag (jfr kap. 3.3). Författaren kompletterar (Holtedahl 1940) ovanstående observationer genom studier av ekogram från vattnen utanför Varangerhalvön.

Rosendahl (1931) skriver angående randmoräner inom Varangerhalvön (s. 499): "Randavleiringer finner vi naesten ikke på land. Efter sin største utbredelse har isen ikke hatt noget stagnasjonstrin med aktiv bevegelse og avleiringer av randmoræner innefor den nuvaerende kystlinje." Författaren lämnar som exempel Straumenmoränen med referens till Holtedahl (1929).

Ovanstående situation speglas i "Glacialgeologisk kart over Norge, 1:1 000 000, i farger" i Holtedahl (1953, Pl. 16) och i "Glacial map of Norway", 1:2 000 000, i Holtedahl, ed. (1960). Dessa båda kartor är sammanställda av Holtedahl & Andersen och är publicerade enligt angivelse i referenslistan.

Från slutet av 1950-talet finns vissa flygbilder över undersökningsområdet att tillgå. År 1970 utfördes flygfotograferingar täckande hela Varangerhalvön (Svensson 1971, s. 8-9 och 1972, s. 1-2). Med hjälp av dessa flygfotografier upptäcker, identifierar och beskriver Svensson (1971, s.

14-20 och 1972) merparten av de i dag kända israndbildningarna (jfr även Malmström & Palmér 1970 och Svensson et al. 1972) inom Varangerhalvöns södra och sydöstra delar. Den längsta och uthålligaste moränsträckningen urskiljes mellan Komagelva via Oksevatnet till strax öster detta, en sträcka på ca 25 km (geomorfologiska kartan och fig. 5:3). Den mest välutbildade ändmoränen återfinnes i Vargelvas dalgång (Malmström & Palmér 1970 och Svensson 1971) och benämnes i fortsättningen Vargelvspärren (jfr Malmström & Palmér 1970, s. 9).

Sollid et al. (1973) identifierar, i samband med ett omfattande arbete rörande Finnmarks deglaciation, ytterligare ändmoräner (s. 262-268 och Pl. 1). Samma författare betecknar också ovan nämnda moränsträckning Komagelva-Oksevatnet med namnet Vardömoränerna (s. 247, fig. 18, s. 248 och fig. 38, s. 267).

Marthinussen (1974) presenterar ett stort arbete över Nordöstnorges kvartärgeologi och tillför ytterligare ändmoränobservationer (op. cit., fig. 18, s. 105). Författaren använder beteckningen Domen-Oksöyvatnmoränbältet (s. 106) på Vardömoränerna.

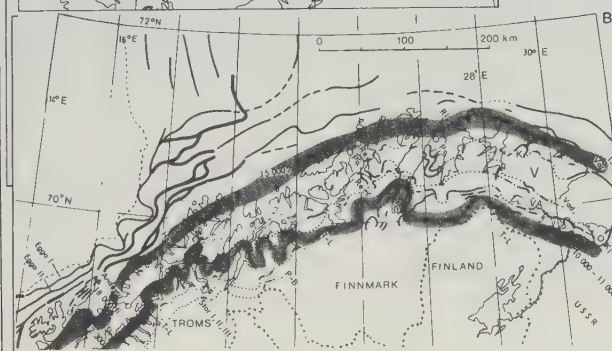
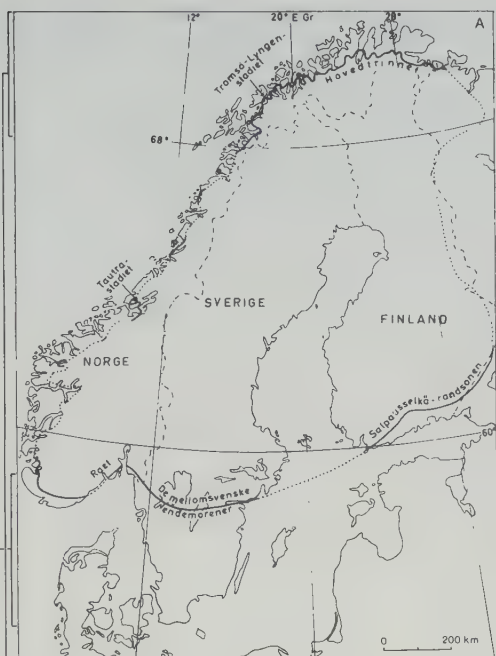
Angående de två benämningarna Vardömoränerna och Domen-Oksöyvatnmoränbältet på samma moränsträckning, är ingen av dem lyckligt vald. Den geografiskt riktigaste beteckningen torde vara Komagvaer-Svartnesmoränerna. För att inte tillföra ytterligare namn, med risk för sammanblandningar, användes fortsättningsvis Vardömoränerna (jfr Sollid et al. 1973) på den aktuella randbildningen.

Omfattande strandlinjestudier har på Varangerhalvön utförts av bl.a. Tanner (1906, 1907 och 1930), Marthinussen (1945, 1960, 1961 a och b samt 1974), Sollid et al. (1973) och Donner et al. (1977). För övriga geovetenskapliga arbeten hänvisas till kapitel 3.3.

## 5.2.2 Huvuddrag i deglaciationen av Varangerhalvön

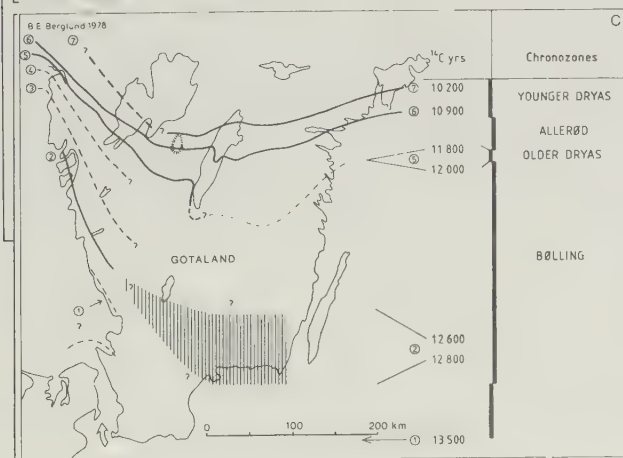
De av bl.a. Tanner (1906 och 1907) beskrivna randbildningarna på Varangerfjordens sydsida sammanbindes av Marthinussen (1961) med Hovedtrinnet (fig. 5:1 a), där Tromsö-Lyngenstadiets randmoräner ingår. Bildningarna motsvaras i södra Skandinavien och södra Finland av Raerna, Mellansvenska ändmoränerna respektive Salpausselkärändzonen (fig. 5:1 a). Synge (1969) använder beteckningen Sydvarangermoräner för att ange randbildningarna på Varanger-





## LEGEND

- randbildningar/  
marginal moraines
- ..... trolig isrand eller konnektionslinje/inferred ice border or connection line
- ▨ 10 000 B.P.–11 000 B.P.: israndens läge under angiven tid/location of ice margin during the time given
- ▨ 15 000? B.P.: foreslaget läge av isranden/suggested location of ice margin
- V = Varangerhalvön/  
The Varanger Peninsula
- VA = Varangerfjorden/  
The Varangerfjord
- Var. = Vardö
- Vad. = Vadsö
- T-L = Tromsö-Lyngen
- O-Re = Yttre Repparfjord/  
Outer Repparfjord
- I-Re = Inre Repparfjord/  
Inner Repparfjord
- Ri = Risvik
- O-Po = Yttre Porsanger/  
Outer Porsanger
- O-Kj = Yttre Kjøfjord/  
Outer Kjøfjord
- K = Kongsfjord



Figur 5:1 a-c. Sammanställning av kartor utvisande korrelation mellan israndbildningar inom Skandinavien och Finland. Randbildningarna söder om Varangerfjorden (VA) i nordöstligaste Norge (5:1, B) sammanbindes av Marthinussen (1961) med Hovedtrinnet där Tromsö-Lyngenmoränerna ingår, och Raerna, Mellansvenska ändmoränerna och Salpausselkärandzonen (5:1, A). Deglaciationen av Varangerhalvön (V, 5:1, B) har ägt rum inom tidsintervallet 12 000-15 000 B.P., vilket innebär att huvuddelen av halvön smält fram under i huvudsak allra senaste delen av mellersta weichsel och tidigaste halvan av bölling (jfr kap. 1.1). Under motsvarande tid i sydligaste Skandinavien smälte huvuddelen av Götaland fram (5:1, C). Figuren är sammanställd efter (A) Marthinussen (1961, fig. 17, s. 159), (B) Andersen (1979, fig. 1, right, s. 81) och (C) Berglund (1979, fig. 4, s. 104).

*Maps illustrating the correlation between ice margin deposits within Scandinavia and Finland. The deposits to the south of the Varangerfjorden (VA) in north-easternmost Norway (5:1, B) by Marthinussen (1961) are correlated with the Main sub-stage (Hovedtrinnet) which is also clearly defined (5:1, A) in southern Norway (Raerna), Sweden (Mellansvenska ändmoränerna) and Finland (Salpausselkärandzonen). The deglaciation of the Varanger Peninsula (V, 5:1, B) took place about 12 000-15 000 B.P., which means that the main part of the peninsula was deglaciated during the latest part of Middle Weichselian and the first half of Bölling (cf. Chapter 1.1). In southernmost Scandinavia, the main part of Götaland was deglaciated during the corresponding period (5:1, C). Compiled after (A) Marthinussen (1961, Fig. 17, p. 159), (B) Andersen (1979, Fig. 1, right, p. 81) and (C) Berglund (1979, Fig. 4, p. 104).*

fjordens sydsida. I anslutning till dessa moränkomplex kan äldre och yngre stadier urskiljas (fig. 5:1 b), så att bildningstiden faller inom tidsintervallet 10 150 - 12 500 B.P. (Marthinussen 1962, Andersen 1968, Synge 1969, Sollid et al. 1973, Marthinussen 1974 och Andersen 1979). Vid denna tid återfanns följaktligen huvudisens nordflank väl söder om Varangerhalvön.

I anslutning till halvöns nordligaste delar urskiljes närmast kusten minst två randlinjer, varav den yngre representeras av bl.a. Straumenmoränen (geomorfologiska kartan och fig. 5:1 b) och den äldre av de av Holtedahl (1929, 1949, 1953 och 1969) förmodade submarina randbildningarna strax utanför (geomorfologiska kartan) Kongsfjorden, Båtsfjorden, Syltefjorden och Persfjorden (fig. 3:15 och fig. 5:1 b).

Straumenmoränen korreleras på basis av strandlinjestudier av Marthinussen (jfr Holtedahl 1953, s. 715-718, Sollid et al. 1973, s. 263, fig. 38, s. 267 och fig. 66, s. 301, Marthinussen 1974, s. 112-113, s. 150-152 och fig. 21, s. 150 och Andersen 1979, s. 84-85 och fig. 1. right, s. 81)

med Yttre Porsangerstadiet (fig. 5:1 b och fig. 5:2 a-c) ca 80 kilometer väster om Varangerhalvön. Några absolutdateringar finns inte i anslutning till dessa randbildningar (Sollid et al. 1973, s. 303 och Andersen 1979, s. 86) men Andersen anger, med referens till Marthinussen (1974), på basis av höjda strandlinjer, en ålder på ca 14 000 B.P.

De submarina förmodade randbildningarna utanför fjordarna på Varangerhalvöns nordkust (fig. 5:1 b och fig. 5:2 a-c) korreleras, med viss reservation, av Sollid et al. (1973, s. 300 och fig. 66, s. 301) med Risvikstadiet ca 80 kilometer väster om Varangerhalvön. Denna tolkning stöds av Marthinussen (1974, s. 106-108 och fig. 21, s. 150) och Andersen (1979, s. 86). Den sistnämde anser på basis av höjda strandlinjer en åldersangivelse till ca 15 000 B.P. vara rimlig.

Av det ovan anförda framgår att ändmoränkomplexen, alldeles söder om Varangerhalvön, dateras från 10 150 - 12 500 B.P. medan motsvarande åldersangivelse för randbildningarna, strax utanför halvöns nordkust, ligger på ca 15000 B.P. De förra dateringarna får anses pålitliga (Andersen 1979 och Vorren & Elvsborg 1979) medan den senare är något osäker (Andersen 1979).

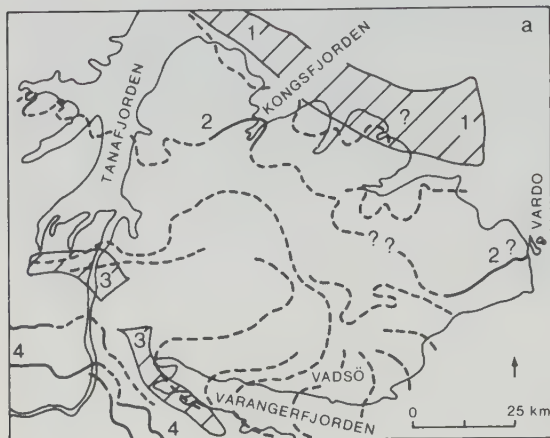
Av detta följer att deglaciationen av Varangerhalvön har skett inom tidsperioden 12 500 - 15 000 B.P., vilket innebär att huvudisen lämnat halvön under i huvudsak allra senaste delen av mellersta weichsel och tidigaste halvan av bölling. Angående tidsangivelser, se ovan (kap. 1.1).

Under motsvarande tid i sydligaste Skandinavien smälte södra Götaland (fig. 5:1 c) fram (Berglund 1979 och Lagerlund et al. 1983). Jämför även Andersen (1980).

### 5.2.3 Detaljer i deglaciationen av Varangerhalvön

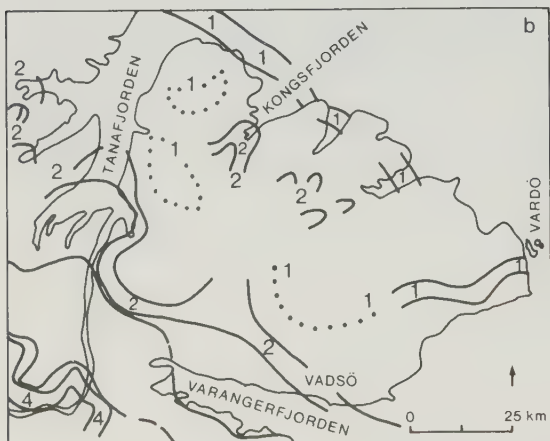
Vad angår avsmältningsbilden inom själva halvön, framställs den något olika av olika författare. De olika tolkningarna, som har sammanställts i figur (5:2 a-c), representeras av Sollid et al. (1973), Marthinussen (1974) och Andersen (1979). De båda förstnämnda författarna baserar i huvudsak sina tolkningar på studier av strandlinjer, randbildningar, isräfflor och glacifluviala dräneringsstråk, medan den sistnämnde författarens tolkning bl.a. utgör en sammanställning och utvärdering av de båda förstnämndas resultat.

De väsentligaste skillnaderna (fig. 5:2 a-b) mellan Sol-



## LEGEND

1. // Risvikstadiet (exakt läge okänt)/Risvik sub-stage (exact location unknown)
2. Yttre Porsangerstadiet/Outer Porsanger sub-stage
3. // Repparfjordstadiet (exakt läge okänt)/Repparfjord sub-stage (exact location unknown, 12000–12500 B.P. acc. to Sollid 1973, s. 308).
4. Huvudstadiet/Main sub-stage (10150–11680 B.P. acc. to Andersen 1979, s. 85).



1. Risvikstadiet/Risvik sub-stage (possibly about 13900–14200 B.P. acc. to Martinussen 1974, s. 151–152).
2. Yttre Porsangerstadiet/Outer Porsanger sub-stage (possibly about 12800–13000 B.P. acc. to Martinussen 1974, s. 151).
4. Huvudstadiet/Main sub-stage (10150–11680 B.P. acc. to Andersen 1979, s. 85).



1. Risvikstadiet/Risvik sub-stage (possibly about 15000 B.P. acc. to Andersen 1979, s. 86).
2. Vardö–Yttre Porsangerstadiet/Vardö–Outer Porsanger sub-stage (possibly about 14000 B.P. acc. to Andersen 1979, s. 86).
3. Vadsömoränerna/Vadsö moraines (possibly about 13000 B.P. acc. to Andersen 1979, s. 86).
4. Huvudstadiet/Main sub-stage (10150–11680 B.P. acc. to Andersen 1979, s. 85).



Figur 5:2 a-c. Sammanställning av tre tolkningsförslag rörande Varangerhalvöns deglaciation. De båda översta tolkningarna (a-b) är efter Sollid et al. (1973, fig. 38, s. 267 och fig. 66, s. 301) och Marthinussen (1974, fig. 21, s. 150) och grundas huvudsakligen på studier av strandlinjer, randbildningar, isräfflor och glaciöfluviala dräneringsstråk. Den nedersta tolkningen (c) främst baseras på de båda förstnämndas arbeten och är utförd av Andersen (1979, fig. 1. right, s. 80). För jämförelser, se text och figur 5:1.

*Collation of three interpretation alternatives concerning the deglaciation of the Varanger Peninsula. The two uppermost interpretations (a-b) are after Sollid et al. (1973, Fig. 38, p. 267 and Fig. 66, p. 301) and Marthinussen (1974, Fig. 21, p. 150) and are mainly established from studies of raised shorelines, marginal deposits, glacial striae and glaciofluvial drainage while the lower one, carried out by Andersen (1979, Fig. 1. right, p. 80), is mainly based on the two former works. For comparison, see text and Figure 5:1.*

lids et al. (1973) och Marthinussens (1974) deglaciationsmodeller kan hänföras till Vardömoränerna och deras korrelation med övriga randlägen, till Vadsömoränerna (se nedan) och till en förmodad kalvningsbukt i Varangerfjorden.

Vardömoränerna korreleras av Sollid et al. (1973, s. 263) med Straumenmoränen och Yttre Porsangerstadiet (fig. 5:2 a), medan Marthinussen (1974, s. 108 och fig. 21, s. 150) korrelerar de förstnämnda med ett äldre stadium, Risvikstadiet (fig. 5:2 b). Andersen (1979) ansluter sig till den förstnämnda tolkningen (fig. 5:2 c).

Marthinussen (1974, s. 113 och 152) urskiljer en komplex randzon i Vadsötrakten (fig. 5:2 b) och förbinder den med israndbildningar längre mot nordväst. Han benämner bildningarna Vadsömoränerna eller Vadsömoränsystemet och motsvarande isavsmältningsstillstånd får namnet Vadsöstadiet (Marthinussen 1974, fig. 18, s. 105 och s. 108-113). Israndläget korreleras (s. 113 och 152) med Straumenmoränen och Yttre Porsangerstadiet (fig. 5:2 b). Vadsömoränerna särskiljes inte särskilt av Sollid et al. (1973) men återges (fig. 5:2 c) av Andersen (1979), som dock inte korrelerar dem med Yttre Porsangerstadiet utan med ett stillstånd yngre än detta men äldre än Repparfjordstadiet (jfr fig. 5:2 a). En antagen ålder anges med referens till Marthinussen (1974), till storleksordningen 13 000 B.P. (Andersen 1979, s. 86).

Den av Sollid et al. (1973, s. 267) antagna kalvningsbukten i Varangerfjorden återfinns inte alls lika markerad hos de båda andra författarna (fig. 5:2 a-c).

## 5.3 Egna undersökningar inom Varangerhalvön

### 5.3.1 Metoder

Primärt har randlägen karterats från flygbilder i samband med den geomorfologiska karteringen, där bl.a. övriga glaciala och glacifluviala former ingår (kap. 2.8, 2.9 och 2.10). Flygbildsresultaten har sedan fältkontrollerats och i förekommande fall korrigerats. I samband med fältkontroller har karteringsarbeten utförts och provgropar upptagits med påföljande analyser och provtagningar för senare laboratorieanalyser. Dessa arbeten har utförts i typformer, för att på så sätt erhålla tillräcklig kunskap om geomorfologi och jordarter för senare fältbedömning av övriga former. Metoden har tillämpats för att minimera fältarbetsinsatsen och göra det möjligt att arbeta över hela det 6200 km<sup>2</sup> stora området. Fältkontroller av övriga glaciala och glacifluviala former har skett fortlöpande.

Där randlägen har karterats i strandnära områden, har i en del fall ekolodning utförts, för att erhålla en bild av den submarina reliefen.

#### 5.3.1.1 Kartering

I samband med den geomorfologiska karteringen av Varangerhalvön (kap. 2.7) har av glaciala formelement urskiljts glaciärnisch, glacialt präglad kantlinje, rundhällar, isräfflor, moränrygg, drumlinisering, kuperad moränterräng och ackumulationer av lösmaterial. Dessutom har en rad glacifluviala och fluviala former urskiljts. I det följande kommer moränryggar särskilt att behandlas. Med moränrygg avses änd-, rand- och sidomoräner, vilka avtecknar sig som långsträckta ryggar (kap. 2.10.2). Övriga former kommer med nödvändighet att innefattas i diskussionskapiteln, men för beskrivning hänvisas till kapitel 2.10.2. Undantag från detta utgör kullar av lösmaterial vilka behandlas i kapitel 4.

I samband med karteringen har informationsinnehållet i en Landsat-scen prövats med avseende på bl.a. glaciala former (Helldén et al. 1977 och 1979).

Svensson (1973 a och 1974) och Bergsten (1973) har visat att tydliga randstråk kan identifieras i Landsat registreringar. Erfarenheten bekräftas av Helldén et al. (1977 och 1979).

Landsat bildmaterial har dock inte direkt kunnat användas här i samband med karteringen av moränryggar och övriga glaciala och glacifluviala former beroende på vald karteringsnoggrannhet (kap. 2.10.1).

Karteringen har helt och hållet utförts med hjälp av flygbilder i huvudsakligen två olika bildskalor, 1:35 000 och 1:60 000 (kap. 2.8 och 3.4:2) men över vissa områden även i större bildskalor. Tolkningarna markerades direkt på flygbilden.

Vid karteringen av moränryggar, uppstod ibland problem att skilja dessa från i första hand åsformer och kullar av den typ som behandlas i kapitel 4. Teoretiskt borde även risk för förväxling med drumlinformer uppstå, men med kännedom om huvudsakliga isrörelseriktningar inom undersökningsområdet och drumlinernas geomorfologiska karaktäristika, kunde dessa lätt särskiljas. Samtliga på den geomorfologiska kartan (bilaga) markerade moränryggar, rullstensåsar och kullar i lösmaterial har fältkontrollerats enligt nedan. Angående den slutgiltiga överföringen till den geomorfologiska underlagskartan, hänvisas till kapitel 2.8.

#### 5.3.1.2 Fältarbeten

Redan vid flygbildstolkningen kunde på geomorfologiska grunder ett antal typiska moränryggar, rullstensåsar och kullar i lösmaterial särskiljas. En del av dessa utvaldes för detaljundersökning i fält. Syftet med detaljundersökningen av ett begränsat antal typiska formelement var, att bygga upp en kunskapsbank avseende skillnad i geomorfologiska karaktäristika och materialinnehåll mellan de olika formtyperna. Kunskapsbanken utnyttjades fortsättningsvis för snabbare och säkrare klassning i fält av de skilda ryggformerna.

Detaljundersökningarna innefattade uppmätning av längd-, bredd-, höjd- och stupningsförhållanden och upptagning av provgröpar. Dessa har normalt grävts till ett djup av ca en meter. När undantag från detta använda normaldjup har gjorts, anges detta speciellt vid redovisningen (kap. 5.3.3).

I provgröparna har genomförts blockanalyser, riktningsanalyser och provtagningar. Proverna har senare genomgått fullständig jordartsanalys i laboratorium med presentation bl.a. i form av kornstorlekskurvor. Ur dessa sistnämnda har sorteringskoefficienten framräknats (Trask 1932).

Vid övriga fältkontroller, vilka även innefattat övriga glaciala och glacifluviala former, har dessa sistnämnda parametrar bestämts direkt i fält som hjälp vid klassning av de olika ryggformerna.

### Ekolodning

I samband med moränryggskarteringen, har en rad ryggar markerats i kustnära områden i fjordarna på nordkusten, innanför Vardö och i de inre delarna av Varangerfjorden (geomorfologiska kartan). Angående de sistnämnda, har upplodning företagits för erhållande av information om den submarina reliefen utanför moränryggarna. Upplodningen, som berör de nordliga och centrala delarna av Varangerfjorden mellan Varangerbotn och Vadsö (geomorfologiska kartan), har utförts med ett fast monterat ekolod av märket Furumo FG II, Mark 3.

Önskade profiler lades in på sjökort och kördes sedan efter kompass med kryssspejlingar som kontroll. Den utnyttjade fiskebåten var utrustad med mekanisk logg, som användes för konstant farthållning.

Svagheten med detta system består i att skillnader i strömsättning inte kan kontrolleras med större noggrannhet, vilket i sin tur ger upphov till förskjutningar i längdskalan. För att minimera detta fel, har ideligen bäringar tagts in på sjökortet samtidigt som de markerats på eogrammet.

### 5.3.2 Dateringsmetoder

Några absolutdateringar av Varangerhalvöns israndlägen och deglaciation har inte tidigare företagits, utan de åldersangivelser, som gäller baseras på strandlinjekronologi (kap. 5.2).

I samband med isavsmältningen invaderas, förr eller senare, framsmälta partier av flora och fauna. Växter och djur dör så småningom, genomgår en större eller mindre nedbrytning och eventuell fluvial eller eolisk transport för att senare bilda organogena jordarter eller bakas in i olika jordarter, som bildar mer eller mindre markerade landformer.

Organiskt material kommer att ansamlas i depressioner i terrängen med eventuell myr bildning som följd eller spolas



ut i sjöbäcken för att ingå i bottensedimenten.

Havslevande organismer kan bakas in i strandlinjer eller andra under högsta kustlinjen förekommande landformer.

De underst liggande organiska sedimenten i myrar och sjöbottnar skall kronologiskt, normalt utgöras av de organismer, som först invaderade landskapet i samband med, eller strax efter, isavsmältningen.

Genom att ta ut prover från dessa understa organiska sediment och C14-datera dem, kan förväntas en åldersangivelse på den tidigaste invandringen av organismer och följdaktligen också en minimiålder på deglaciationen. Övan skisserade tankegångar har tillämpats inom Varangerhalvön.

#### 5.3.2.1 Provtagning av torv för C14-datering

Med ambition att finna myrar med så stor mäktighet som möjligt, har i samband med övriga fältarbeten ett stort antal myrar upplodats med stickborr och länksystem.

Förutom krav på så stor torvmäktighet som möjligt, har även ställts krav på myrarnas belägenhet i förhållande till karterade randlägen. Fyra myrar har slutligen utvalts (kap. 5.3.3.5).

Torvprovtagning har skett dels med hjälp av en Hillerborr med 35-millimeters kanna och dels med ett Rysseborr med 100-millimeters kanna.

Borren trycktes ner så långt, att det med säkerhet kunde konstateras att underliggande mineraljord nåtts. Prov uttogs precis i övergången mellan organogent och minerogent material och dessutom togs prover längs hela profilen för eventuell senare pollenanalys.

Proven från övergången mellan organiskt och minerogent material lämnades för C14-datering (Håkansson 1974) till Laboratoriet för C14-datering vid Lunds universitet (kap. 5.3.3.5).

#### 5.3.2.2 Provtagning av sjösediment för C14-datering

Sjöarna för bottenprovtagning valdes så att de helst skulle ligga i anslutning till, strax utanför eller strax innanför karterade randlägen. Sjöarna skulle dessutom ha en sådan storlek och ett sådant läge, att de kunde förväntas uppvisa maximal sedimentmäktighet.

Fyra sjöar utvaldes på detta sätt för provborrningar

(kap. 5.3.3.6). Innan egentlig provtagning påbörjades, lodades sedimenten längs profiler med hjälp av en Hillerborr. Detta för att finna det största sedimentdjupet.

Provborrningar utfördes från båt sommaren 1975, med påtagliga svårigheter vid neddrivning och upptagning av borrar, ett Livingstoneborr med en diameter av 51 millimeter.

Huvuddelen av provtagningarna utfördes under midvintern 1975/76, och som hjälp vid neddrivning och upptagning användes en kedjedomkraft med möjligheter att applicera krafter på upp till 12 000 kp.

Borrkärnor togs ut, så långt som var praktiskt möjligt, längs hela sedimentprofilen och så, att den understa kärnan alltid nått ner i mineraljorden under de organiska sedimenten.

Kärnorna transporterades till laboratorium för beskrivning och uttagning av prover för C14-datering och pollenanalyser. Alla C14-dateringar (kap. 5.3.3.6) har utförts på Laboratoriet för C14-datering vid Lunds universitet (Håkansson 1978, 1980 och 1981). Pollenanalyser och biostratigrafiska dateringar är utförda av Prentice (1981 och 1982).

### 5.3.2.3 Provtagning av molluskskal för C14-datering

Vid upptagning av provgropar under högsta kustlinjen, har konsekvent hållits uppsikt efter molluskskal eller fragment därav.

Skal och skalfragment har endast påträffats i en provgrop. Skalmaterialet lämnades för C14-datering (kap. 5.3.3.7) till Laboratoriet för C14-datering vid Lunds universitet (Håkansson 1977).

### 5.3.3 Resultat

Karterade moränryggar på land redovisas, förutom i den geomorfologiska kartan (bilaga), även separat i figur 5:3. I samma figur anges även de detaljundersökta ryggarna, lokalerna I-XI, och upptagna provgropar, vilka anges med arabiska siffror, om antalet överstiger en grop per ändmoränlokal. Beteckningarna är i överensstämmelse med de, som användes vid redovisningen av jordartsanalyserna (se nedan), dock med undantag av blockanalysredovisningen, där andra beteckningar användes av praktiska skäl. Av figuren 5:3 framgår också resultaten av utförda riktningsanalyser.



Figur 5:3. Kartan visar identifierade och detaljundersökta (I-XI) randlägen inom Varangerhalvön, lokaler för insamling av prover för C14-datering av sjösediment (1, 3-7), molluskskal (2) och torv från myrar (A-D) samt resultat av sjösediment- och molluskskaldateringar. Dessutom redovisas utförda riktningsanalyser i randlägen. Analyserna är utförda på ett normaldjup av ca en meter utom i provgrop IV.a. där motsvarande djup är 2,4 meter. Övriga materialanalyser i upptagna provgropar redovisas, förutom i texten, i figurerna 5:4 och 5:5. Angivna dateringsresultat avser äldsta erhållna resultat från varje lokal. För ytterligare information angående dateringar hänvisas till texten och till figur 5:9.

*The map illustrates identified and detail investigated (I-XI) ice marginal deposits within the Varanger Peninsula and sampling sites for C14-dating of lake sediments (1, 3-7), molluscs (marine shells, 2) and peat from bogs (A-D). Furthermore, till fabric analysis from ice marginal deposits are shown. The analyses are carried out in test pits at a normal depth of one metre except for test pit number IV.a where the corresponding depth is 2,4 metres. For more information about material analysis, see the text and the Figures 5:4 and 5:5. The map also illustrates C14-dates of the oldest lake sediments and molluscs (marine shells). For further information about dates, see the text and Figure 5:9.*

Övriga resultat av materialanalyser visas av figur 5:4 när det gäller blockanalyser och figur 5:5 för fullständiga jordartsanalyser. Figur 5:9 visar detaljer i en submarint bildad randbildning.

Slutligen visar figuren 5:3 lokaler för provtagning av torv (lokalerna A-D), sjösediment (lokalerna 1 och 3-7) och molluskskal (lokal 2). Vid respektive lokal anges även äldsta erhållna datering. Noggrannare uppgifter rörande torvprovtagning erhålles ur figur 5:16, sjösedimentprovtagning ur figur 5:17 och molluskskalprovtagning ur figur 5:9. Karteringsresultat av submarin bottenrelief redovisas av figurerna 5:14 och 5:15.

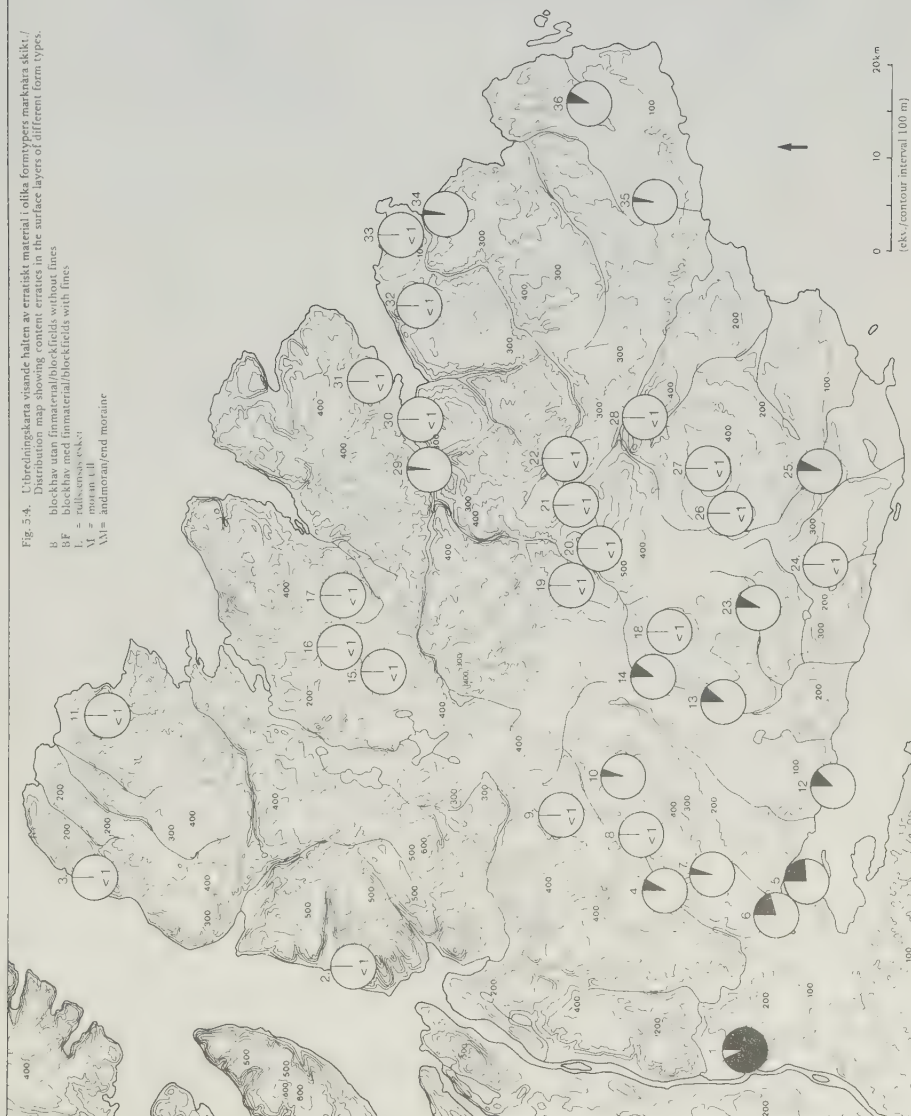
Ovan angivna figurer behandlas i den fortsatta texten och kompletteras vid behov av fotografier, för att på så sätt belysa de olika landskapselementens geomorfologi.

### 5.3.3.1 Israndlägen på land

Under denna rubrik behandlas randlägen, som idag återfinns över den recenta strandlinjen.

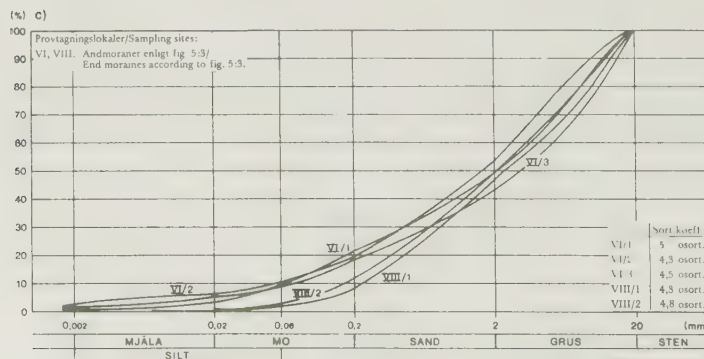
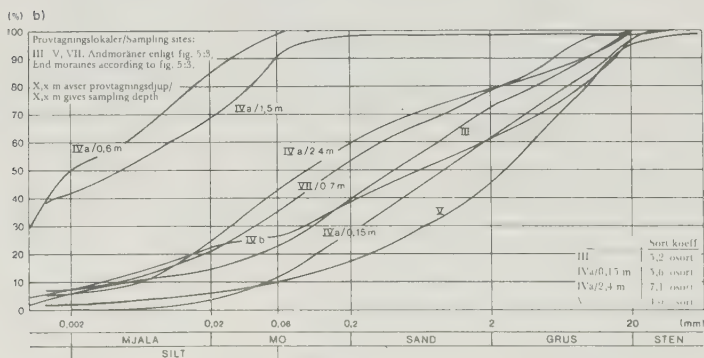
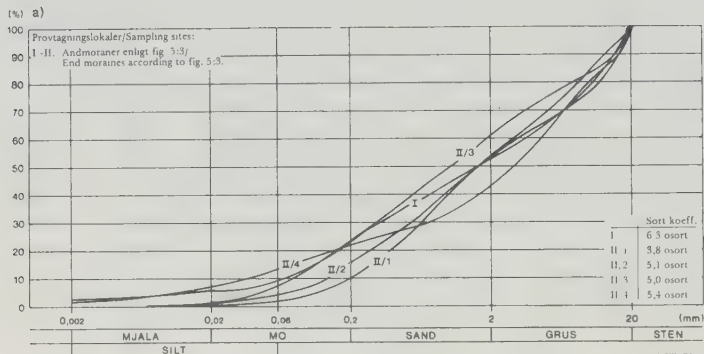
I det nedanstående har inga figurhänvisningar lämnats när det gäller geografisk lokalisering, men konsekvent gäller

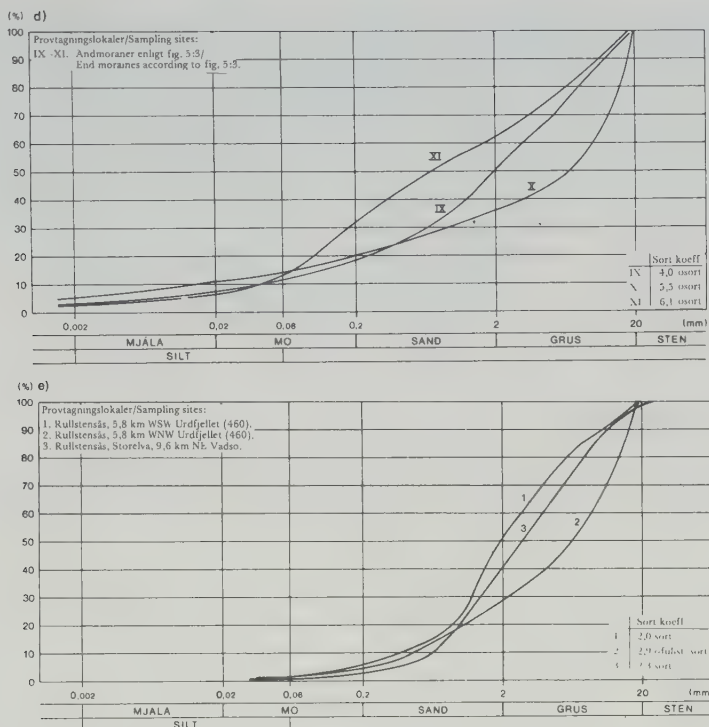




Figur 5:4. Utbredningskarta, som visar halten av erratiskt material i olika formtypers marknära skikt. Med erratiskt material avses här urbergsmaterial (jfr figurerna 1:3 och 1:4).

*Distribution map illustrating the content of erratics in the surface layers of different form types. Only rocks from the crystalline bedrock of the Baltic shield are considered as erratics (cf. Figs. 1:3 and 1:4).*





Figur 5:5 a-e. Kornstorlekskurvor och sorteringskoefficienter på jordprover från provgropar i ändmoräner (a-d) och rullstensåsar (e). Beteckningar på kurvor över ändmoränmaterial (a-d) överensstämmer med motsvarande beteckningar i figuren 5:3 utvisande bl.a. identifierade israndlägen inom Varangerhalvön. Angående rullstensåsarnas lokalisering hänvisas till legenden (e) och till morfologiska kartan (bilaga). Om inget annat anges i figurerna (a-e), är jordproverna tagna på ett normaldjup av ca en meter.

Grain size distribution and degree of sorting of soil samples from test pits in end moraines (a-d) and eskers (e). Notations on curves of end moraine material (a-d) are in accordance with the corresponding notations in the Figure 5:3 illustrating i.a. identified ice marginal deposits within the Varanger Peninsula. Concerning localities of the eskers, see the legend (e) and the geomorphological map (Appendix). If nothing else is given in the figures (a-e), the soil samples are taken at a depth of one metre below ground level.

hänvisning till geomorfologiska kartan och figur 5:3.

## I. Skiipagurra

Moränryggarna har sin sydostligaste utlöpare ca en kilome-

ter nordost om samhället Skiipagurra och kan med avbrott följas ca tre kilometer mot nordväst i form av ryggar, vars genomsnittliga höjd understiger tio meter. Den mot sydväst vettande sidan, proximalsidan, är betydligt brantare än distalsidan. Isrörelseriktningen har varit mot ostenordost vilket också visas av ett antal drumliner strax nordost om ryggarna.

Jordartsprov, från en meterdjup provgrop i centrala delen i en av ryggarna, visar en klart osorterad jordart (fig. 5:5 a, kurva I), en grusig sandig morän.

## II. Al'ljavaejjåkka

Israndlägen i Al'ljavaejjåkkas dalgång ca tretton kilometer nordost om Varangerbotn är, med undantag av Straumenmoränen



Figur 5:6. Al'ljavaejmoränerna utgör, med undantag för Straumenmoränen, det största randläget på Varangerhalvön utbildat som dalspär. Foto från Al'ljavaejjåkka ca tretton kilometer NO om Varangerbotn (undersökningslokal II i fig. 5:3).

*The Al'ljavaej moraines constitute, except for the Straumen moraine, the largest ice marginal deposits developed as a terminal moraine. Photo from the river Al'ljavaejjåkka about 13 kilometres to the NE of Varangerbotn (research locality II in Fig. 5:3).*



(kap. 5.2.1), det största randläget på Varangerhalvön utbildat som dalspärr (fig. 5:6). Bildningarna benämnes i fortsättningen Al'javaejmoränerna.

Randläget består av ändmoräner med anslutande sidomoräner, och karaktäriseras av ett system av fyra stycken vallar, varav den yttersta är närmare tjugo meter hög på proximalsidan och strax under fem meter på den flackare distalsidan. Den stora höjddifferensen beror på att moränryggen är bildad i motlut. Dödisgropar förekommer framför allt i krönlägen och mellan ryggarna.

Isen har rört sig mot nordost upp genom Al'javaejjåkkas dalgång. Fyra provgropar har tagits upp till ett djup av ca en meter. Groparna är belägna så, att den första (II/1) är grävd nordväst om älven på den innersta ändmoränens proximalsida, den andra (II/2) på den mellersta ryggens krön, den tredje (II/3) på den yttersta ryggens distalsida och slutligen den fjärde (II/4) strax utanför, d.v.s. nordväst



Figur 5:7. Utskjutande uddar utmed bl.a. Meskfjordens nordsida kan följas subakvatiskt (fig. 5:15) tvärs fjorden. De tolkas som subakvatiskt bildade ändmoräner i anslutning till en isbräcka. Foto från Meskfjordens norra kustpartier (undersökningslokalerna III, IV.b och V i fig. 5:3).

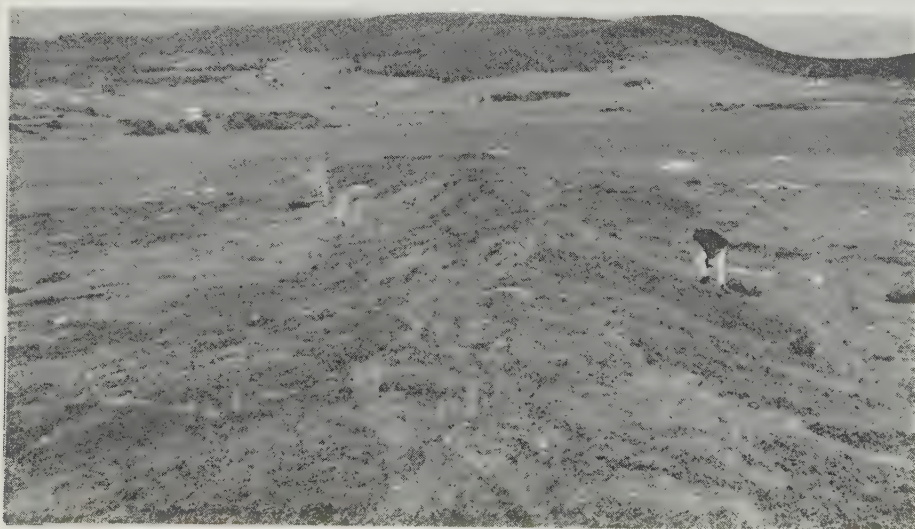
*Tongues of land along the northern parts of the Meskfjorden can be traced subaqueously across the fjord. They are interpreted as end moraines formed by, or very near, an ice cliff. Photo from the north coast of the Meskfjorden (research locality III, IV.b and V in Fig. 5:3).*

om randläget i fjällsidan.

Materialet i samtliga gropar (fig. 5:5 a, kurvorna II/1-II/4) är tydligt osorterat och består av grusig sandig morän. Riktninganalyserna i provgroparna II/1-II/3 speglar den ungefärliga isrörelseriktningen, medan långsträckt stenars orientering i provgrop II/4 speglar massrörelser i fjällsidan.

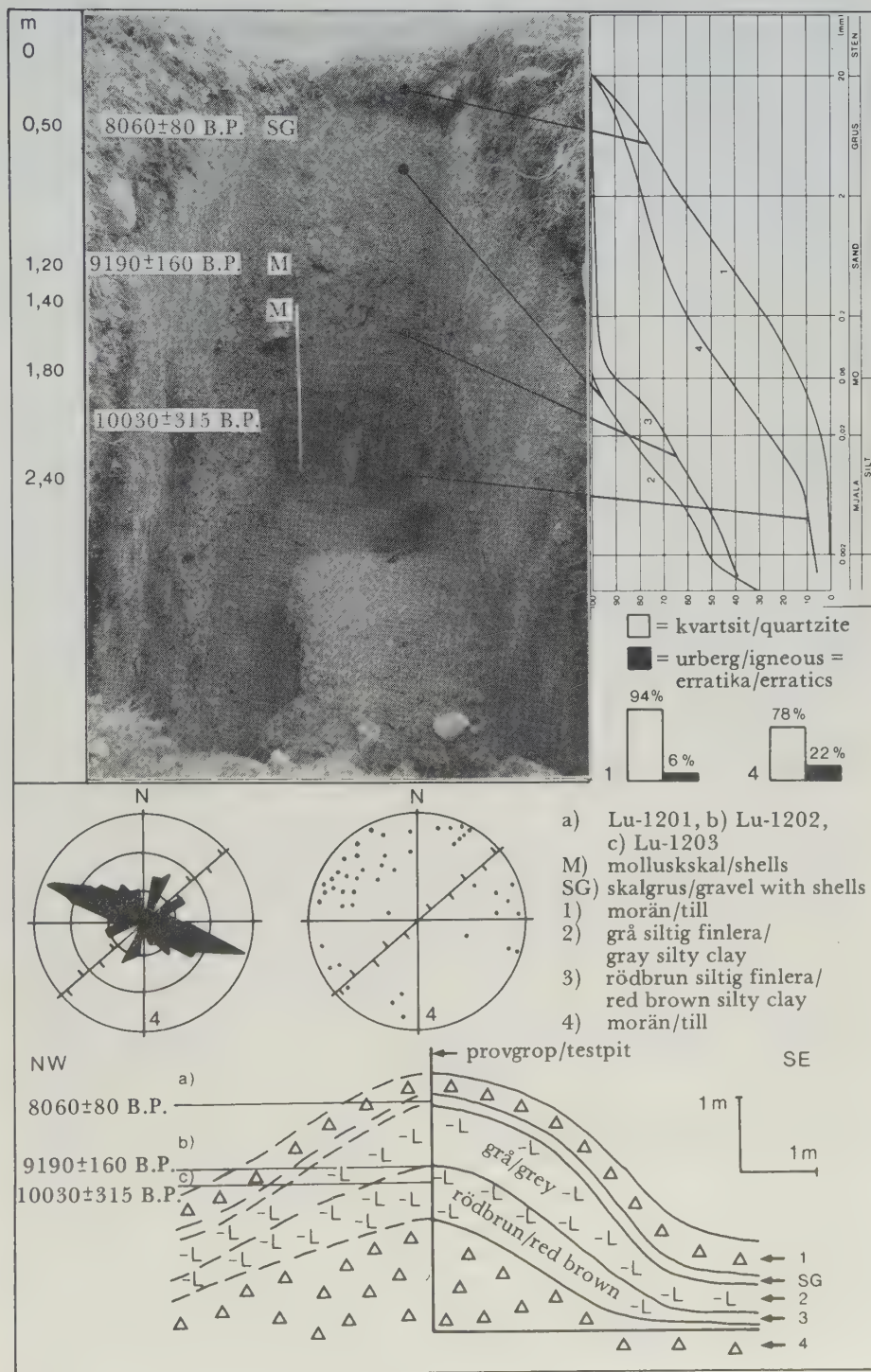
### III. Aarnes, IV.a Angsnes, IV.b Bunes och V. Går-gnehat

Samtliga dessa moränrygggar (fig. 5:7) ingår i det system av ändmoräner, som kantar Meskfjorden längst inne i Varangerfjorden (jfr även fig. 5:15 a). Alla ryggarna är belägna klart under högsta kustlinjen och har inte kunnat spåras ovanför densamma. De kan följas från strandkanten, där de ofta är markerade som utskjutande uddar, och några hundra meter, undantagsvis längre, in mot land. Bredden varierar från några meter upp till drygt tio och den genomsnittliga



Figur 5:8. Foto visande den subakvatiskt bildade Angsnesmoränen. Platsen för provgropen (fig. 5:9) på moränens distalsida markeras av personen i bilden (undersökningslokal IV.a i fig. 5:3).

*Photo illustrating the subaqueously formed Angsnes moraine. The position of the test pit (Fig. 5:9) on the distal side of the moraine is marked by the person in the picture (research locality IV.a in Fig. 5:3).*





Figur 5:9. Figuren visar detaljer i Angsnesmoränen, i figur 5:3 betecknad med IV.a. Fem välmarkerade horisonter urskiljes, varav den översta består av morän. Sedan följer en tunn skalgrushorizont, en horisont med tydligt grå, siltig finlera, en horisont med klart rödbrun, siltig finlera och underst en hård, lerig, moig morän. Molluskskal har hittats i tre horisonter. Dateringsresultaten, korrigerade för skenbar ålder enligt Mangerud (1972), framgår av figuren. Riktningsanalyserna är utförda i den understa moränhorisonten. Resultaten av blockanalyserna visar att inslaget erratika är betydligt större i den understa moränhorisonten jämfört med den övre. Moränen tolkas som en submarint bildad ändmorän. Dateringsresultaten är föremål för diskussion i texten. Alla dateringar är utförda vid Laboratoriet för C14-dateringar vid Lunds universitet (Håkansson 1977).

*The Figure presents details in the Angsnes moraine, locality IV.a. in Figure 5:3. Five beds can be distinguished, the uppermost of which consists of till. Under the till horizon there is a layer of gravel with shells, a layer of distinct grey silty clay, a layer of distinct red brown silty clay and at the bottom there is a hard clayey silty till. Mollusc shells have been found at three different depths and the results of the C14-datings can be seen in the Figure. The ages have been corrected for apparent age according to Mangerud (1972). The measurements of the orientation and dip of elongated stones are carried out in the lowermost tillbed. The results of the block analysis prove that there are more erratics in the lowermost till layer compared with the uppermost. The moraine ridge is interpreted as a subaqueously formed end moraine. The results of the C14-datings are discussed in the text. All the C14-datings have been carried out at the Radiocarbon Dating Laboratory of the University of Lund (Håkansson 1977).*

höjden understiger tio meter.

Förutom tre meterdjupa provgropar (III, IV.b och V) har en större grop tagits upp i moränryggens (IV.a) distalsida på Angsnes. Moränvallen benämnes i fortsättningen Angsnesmoränen (fig. 5:8) och resultaten av analyserna i provgropen presenteras i figur 5:9, till vilken hänvisas för den följande beskrivningen. Kornstorlekskurvor redovisas även i figur 5:5 b, kurvorna IV.a/0,15 m, IV.a/0,6 m, IV.a/1,5 m och IV.a/2,4 m.

Själva ryggformen byggs upp av fem distinkta horisonter så, att överst ligger en kappa av grusig sandig morän. Kappan är tunnast, ca 0,25 meter, uppe på ryggen för att bli tjockare, ca 0,5 meter, ut mot kanten. Under moränkappan följer ett decimetertjockt lager av skalgrus, som i sin tur underlagras av två välmarkerade horisonter av siltig finlera. De båda lerhorisonterna skiljes mycket lätt åt, då den övre är grå till färgen och den nedre är rödbrun. Den



rödbruna har dessutom ett litet inslag av sand- och grusfraktionerna. Lerhorisonterna är mäktigast, ca 0,95 meter (gråa leran) respektive 0,6 meter (rödbruna leran), i ryggens centrala delar för att kraftigt tunna ut mot kanterna till ca 0,3 meter respektive 0,1 meter. Det är också till del lerhorisonterna, som ger ryggen sin topografiska markering.

I den skarpa övergången mellan lerlagren har skalfragment påträffats och ytterligare några sådana återfanns 0,2 meter ner i den rödbruna leran. Molluskskalen har C14-daterats (kap. 5.3.3.7).

Allra underst i provgropen påträffades en spetthård lerig morän, med samma rödbruna färg, som den överlagrande rödbruna siltiga finleran.

Riktninganalyser har utförts i denna understa morän och då centralt i ryggen. De långsträckta stenarna hade en tydligt företrädd riktning, som inte var riktigt tvärs ryggen, men nästan. Stenarna lutade dessutom svagt mot ryggens proximalsida, nordvästsida.

Blockanalyser utfördes i både den översta och den understa moränhorisonten. Resultaten visar att erratikainslaget, det vill här säga inslaget av urbergsmaterial, är nästan fyra gånger så stort i den understa moränen jämfört med den översta.

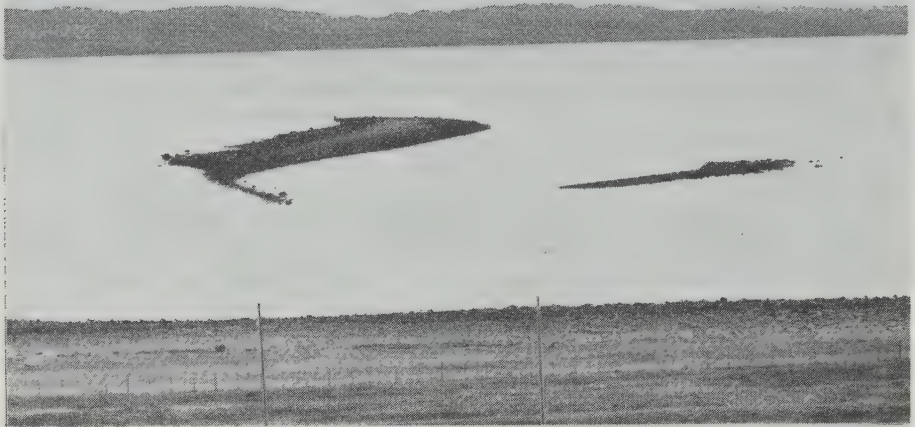
## VII. Mortensnes

Lokal VI/1-3 skulle behandlats här men behandlas av logiska skäl nedan under "VI. Javrašmievtajavrit".

Ryggarna framträder särskilt väl vid lågvatten som två långsmala öar, belägna vinkelrätt mot och strax utanför den recenta kustlinjen i Varangerfjordens inre delar (fig. 5:10).

Den östra ryggen är synlig utmed ca 300 meter av sin längd vid lågvattentillfälle och är uthålligare än den västra, som är synlig utmed ca 200 meter av längden. Ryggarna är i vattenlinjen ca 25 respektive 10 meter breda och uppbyggda av lösmaterial.

En provgrop, som har upptagits i den västra av öarna, har inte kunnat grävas till större djup än ca 0,7 meter p.g.a. öns låga profil, som medförde att havsvatten trängde in i gropen. Materialet i provgropen (fig. 5:5 b, kurva VII) är tydligt osorterat och består av en lerig moig morän påminnande om den understa moränen i Angsnesmoränen (fig. 5:5 b,



Figur 5:10. Två långsmala öar i Varangerfjorden, strax utanför Mortensnes, kan följas subakvatiskt ett stycke ut i fjorden fig. 5:15). De tolkas som subakvatiskt bildade ändmoräner i anslutning till en isbräcka (undersökningslokal VII i fig. 5:3).

*Two long and narrow islands in the Varangerfjorden, just outside Mortensnes, can be traced subaqueously (Fig. 5:15) some distance out in the fjord. They are interpreted as end moraines, formed subaqueously by, or very near, an ice cliff. Research locality VII in Figure 5:3.*

kurva IV.a/2,4 m och fig. 5:9).

## VI. Javrašmievtajavrit

Namnet Javrašmievtajavrit är, enligt den nya topografiska kartan, namnet på de två sjöar, som ligger ca nio kilometer västsydväst om Bergebyvatnet på halvöns sydvästra centrala delar. Den nordligaste av dessa båda flacka, grunda sjöar dämms mot norr av en över kilometerlång, kuperad moränrygg.

Ryggen, som har en största bredd av över tvåhundra meter och en största höjd av ca tjugo meter, har en asymmetrisk tvärprofil så, att sydsluttningen är brantare än nordsluttningen.

Långsträckta stenar har en markant företrädd riktning i nord-syd, d.v.s. i stort sett tvärs ryggen. Den meterdjupa

provgropen i ryggens södra centrala del uppvisar ett osorterat material (fig. 5:5 c, kurva VI/1) bestående av en grusig sandig morän.

Strax norr om den beskrivna ryggen uppträder, parallellt med den föregående, ytterligare en rygg av liknande dimensioner, med likartad geomorfologi och av identiskt material (fig. 5:5 c, kurva VI/2),

Ännu något längre mot norr kan urskiljas två generationer ryggar ytterligare och med liknande materialsammansättning som de förra (fig. 5:5 c, kurva VI/3). Även om dimensionerna på dessa ryggar är betydligt mindre jämfört med de båda ovan beskrivna, är den geomorfologiska bilden densamma.

Sammanfattningsvis kan sägas, att området karaktäriseras av fyra generationer ryggar med en ungefär väst-östlig



Figur 5:11. Moränryggarna vid Javrašmievtajavrit, varav den sydligaste dämmer en sjö, anses utgöra ett oscillationsläge för isfronten under den successiva avsmältningen mot söder (mot nedre vänstra hörnet i bilden). Foto från Javrašmievtajavrit, ca nio kilometer VSV om Bergebyvatnet på halvöns sydvästra centrala delar (undersökningslokal VI i figur 5:3).

*The moraine ridges by the lakes Javrašmievtajavrit, the southernmost ridge is damming a lake, illustrate an oscillation of the ice front during the gradual melting to the south (down towards the left corner). Photo from Javrašmievtajavrit, about nine kilometres to the WSW of the lake Bergebyvatnet in the south-western central part of the peninsula (research locality VI in Fig. 5:3).*

utsträckning och inom ett avstånd av en dryg kilometer (fig. 5:11). Tydlig lateral dränering förekommer i anslutning till moränryggsystemet. Dessutom uppträder, både väster och öster om systemet, liknande moränryggar med kuperad moränterräng söder om sig.

#### VIII. Vargelva

I Vargelvas dalgång, ca arton kilometer nordväst om Vadsö, återfinnes den kanske mest välutbildade ändmoränen på Varangerhalvön (fig. 5:12). Den är utbildad som dalspärr och benämnes Vargelvspärren.

Ändmoränen, vars yta är kraftigt kuperad, är knappt femhundra meter lång, drygt tvåhundra meter bred och ca tjugo meter hög över Vargelvas dalbotten. Proximalsidan, västsidan, har en stupning på upp till  $40^{\circ}$  medan motsvarande siffra för distalsidan är ca  $25^{\circ}$ . Inne i själva randläget finns välutbildade isrand- och slukrännor.



Figur 5:12. I Vargelvas dalgång, ca 18 kilometer NV Vadsö, återfinns den kanske mest välutbildade ändmoränen på Varangerhalvön (undersökningslokal VIII i fig. 5:3).

*In the valley of the river Vargelva, about 18 kilometres to the NW of Vadsö, the probably most well developed terminal moraine of the Varanger Peninsula can be found. (research locality VIII in Fig. 5:3).*



Stenorieteringen är västnordväst-ostsydostlig, d.v.s. nästan tvärs ryggen. Materialet är osortert och beskrives riktigast som en grusig sandig morän (fig. 5:5 c, kurvorna VIII/1 och VIII/2).

#### IX. Syltefjordelva

I Syltefjordelvas dalgång uppträder flera moränryggar tvärs dalgången. Den mest välutbildade av dem återfinns nio kilometer sydväst om Syltefjord längst inne i Syltefjorden på halvöns nordkust.

Ändmoränen påminner i sin utformning om Vargelvspärren, men är inte på långt när lika välutbildad.

Materialet, som är osorterat, består av en grusig sandig morän (fig. 5:5 d, kurva IX).



Figur 5:13. Vardömoränerna på östra Varangerhalvön kan följas utmed ca 25 kilometer. Ryggarnas asymmetriska tvärprofil visar en brantare proximalsida (till höger) och en flackare distalsida (undersökningslokal XI i fig. 5:3).

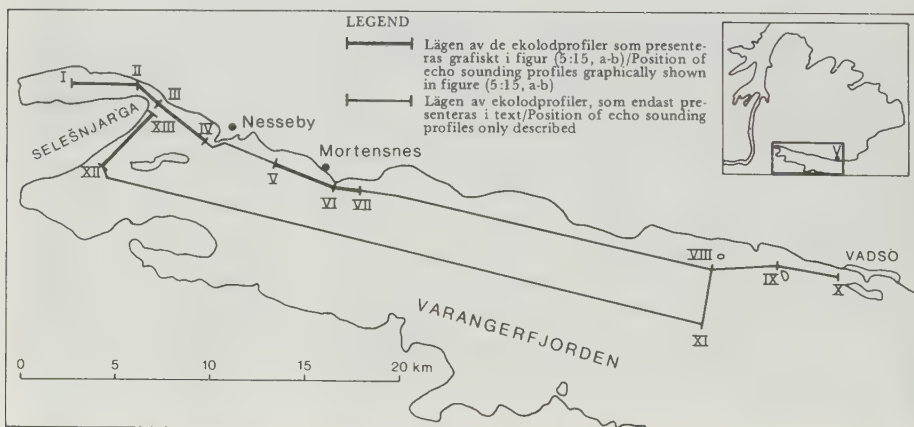
*The Vardö moraines on the eastern parts of the Varanger Peninsula can be traced for about 25 kilometres. The picture illustrates the steeper proximal side (to the right) and the distal side with a lower gradient (research locality XI in Fig. 5:3).*

## X. Trollelva och XI. Oksevatnet (Vardömoränerna)

Moränryggen vid Trollelva är belägen sex kilometer nordost om Komagvaer på halvöns sydostkust och undersökningslokalen vid Oksevatnet ligger ca sexhundra meter öster Oksevatnets östra strand. Båda moränryggarna ingår i halvöns uthålligaste randläge, Vardömoränerna, som går att följa från Komagelva i väster till strax öster Oksevatnet. Detta motsvarar en sträcka på ca 25 kilometer. Även om randläget är komplext utbildat, kan det långa sträckor följas i form av moränryggar, ibland i flera generationer. De två ovan nämnda lokalerna har valts som typlokaler på moränryggar inom Vardömoränerna.

Ryggarna är på båda lokalerna knappt hundra meter breda och knappt tio meter höga. Längs hela moränsträckningen finns exempel på både större och mindre ryggar. Tvärprofiler över ryggarna visar på en asymmetrisk utformning så, att proximalsidan, sydsidan, är brantare än distalsidan (fig. 5:13).

Materialet i ryggarna är osorterat och består, precis som i de andra ovan beskrivna moränryggarna, av en grusig sandig morän (fig. 5:5 d, kurvorna X och XI). På lokal XI ligger långsträckta stenar företrädesvis tvärs, eller nästan tvärs ryggen.



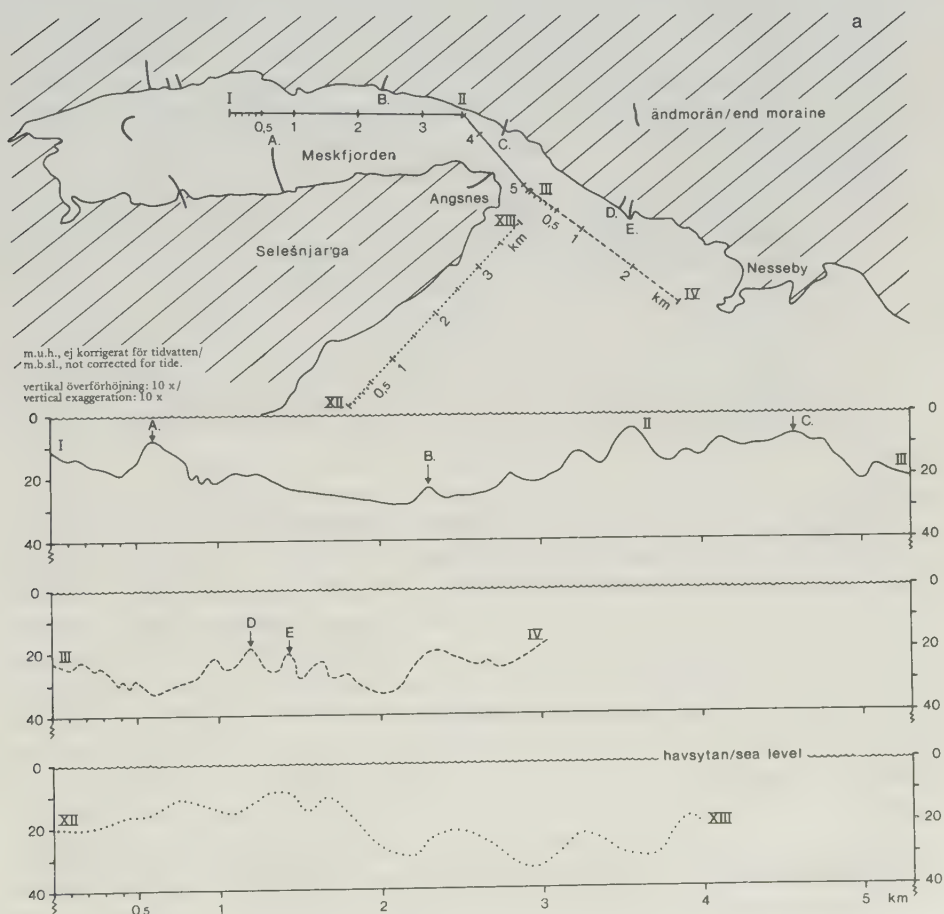
Figur 5:14. Kartan visar läget av upprättade ekolodprofiler i Varangerfjordens inre delar. Profilerna I-IV, V-VII och XII-XIII redovisas grafiskt i figur 5:15 a-b, medan övriga profiler endast redovisas i text.

*The map shows the position of echo sounding profiles, established in the inner parts of the Varangerfjorden. The profiles I-IV, V-VII and XII-XIII are illustrated graphically in Figure 5:15 a-b whereas the rest are only presented in the text.*

## 5.3.3.2 Israndlägen under havsytan

Under denna rubrik behandlas randlägen, som idag återfinnes under den recenta strandlinjen.

Ekolodprofiler har dragits (fig. 5:14, profilerna I-X) från de inre delarna av Meskfjorden, som är viken norr om halvön Selešnjarga, via Nesseby och Mortensnes till Vadsö. Dessa profiler har lagts relativt strandnära, d.v.s. i genomsnitt en halv nautisk mil (en knapp kilometer) söder om Varangerhalvöns sydkust. Dessutom har en lång profil (fig. 5:14, profil XI-XII) dragits längs fjorden i dess centrala delar. Ytterligare en profil (fig. 5:14, profil XII-XIII) har lagts parallellt med halvön Selešnjargas sydostkust.



Figur 5:15 a-b. Ekolodprofiler från de inre delarna av Varangerfjorden (a) och från vattnen strax utanför Mortensnes (b). Profilerna är utförda med ett ekolod av märket Furumo FG II, Mark 3. Någon liten förskjutning i längdskalan har uppstått p.g.a. svårigheter med konstant farthållning beroende på olikheter i strömsättning under ekolodningen. Översikt av upprättade ekolodprofilers lägen framgår av figur 5:14.

- a) Bottnen inom de här redovisade profilerna uppvisar en geomorfologi påminnande om ett tvättbräde. Formerna tolkas som submarint bildade ändmoräner, utbildade i anslutning till en isbräcka. Notera överensstämmelsen med ändmoränerna på land. Den starkt undulerande bottenkonfigurationen återfinnes inte på djup överstigande ca 40 meter och inte heller längre ut i fjorden.
- b) Profilerna är dragna strax utanför markerade ändmoräner vid Mortensnes. Notera att de strandnära moränerna kan spåras i profilen. Motsvarande topografi återfinnes inte på land.

*Echo sounding profiles of the submarine relief in the inner parts of the Varangerfjorden (a) and from just outside Mortensnes (b). The echo sounder used is a Furumo FG II, Mark 3. There are some small displacements of the length scale due to difficulties in keeping the boat at a constant speed during the operations. The difficulties were due to the currents. For a general view of the positions of the echo sounding profiles established, see Figure 5:14.*

- a) *The submarine relief is very undulating along the profiles and, by the present authors is interpreted as subaqueously end moraines formed by or very near an ice cliff. Note the agreement with the end moraines on land. The undulating submarine relief cannot be found at depths greater than about 40 metres, nor further out in the fjord.*
- b) *The profiles are established just outside marked end moraines in the fjord at Mortensnes. Note that the end moraines near the shore can be traced in the profiles. No corresponding geomorphology could be found on land.*

Noggrann analys av ekogrammen har dragit speciellt intresse till profilerna I-IV, V-VII och XII-XIII (fig. 5:14), vilka redovisas i figur 5:15.

Profilerna I-III (fig. 5:15 a) visar att bottnen undulerar, med ryggar på mellan två och tio meters höjd på ore-gelbundna avstånd från varandra. Profil III-IV (fig. 5:15 a) uppvisar en liknande böljande bottentopografi om än något mera regelbunden vad avser avstånden mellan ryggarna. Vattendjupet varierar i stort sett mellan tio och trettio meter.

Av figuren 5:15 a framgår att de på land markerade moränryggarna har sin fortsättning under vattnet.

Profil XII-XIII (fig. 5:15 a) påminner, vad beträffar



bottenkonfigurationen, om de föregående med den skillnaden, att det på Seleŋnjar-gas sydostkust inte finns några moränryggar på land att korrelera med.

Profil V-VI (fig. 5:15 b) visar, förutom den berggrundsberoende stormorfologin, två stycken ryggar, varav den västra (F) är knappt tio meter hög och ca tvåhundra meter bred, medan den östra (G) är betydligt mindre accentuerad. Ryggarna kan tydligt korreleras med de i strandzonen markerade moränryggarna.

Övriga profiler uppvisar en berggrundsberoende stormorfologi och i de kustnära profilerna kan de större älvarna spåras i botten-topografin. Moränryggarna vid Mortensnes (fig. 5:14 och 5:15 b) kan inte spåras i profilerna XI-XII i fjordens centrala delar.

Den böljande botten-topografin i Varangerfjordens inre delar återfinns inte på djup överstigande ca fyrtio meter och inte heller längre ut i fjorden.

#### 5.3.3.3 Glacialslipning

Angående glaciala erosionsformer allmänt på Varangerhalvön, hänvisas till kapitel 2.10.2. Under rubriken glacialslipning skall här endast beröras isräfflor och rundhällar. Förutom att dessa båda glaciala former ingår i den geomorfologiska kartan (bilaga), redovisas isräfflor separat på blockhavsutbredningskartan (fig. 3:21).

Av dessa båda kartor framgår, att övervägande delen av alla räffel- och rundhällsobservationer är koncentrerade till en smal remsa längs kusten och då framför allt längs syd- och ostkusten. Räfflor är mycket sällsynta på de centrala delarna av halvön, men några få observationer har gjorts (geomorfologiska kartan, fig. 3:21 och kap. 2.10.2). Undantagsvis har räfflor noterats inom halvöns högsta partier, även inom blockhaven. Rundhällsobservationer har inte gjorts utom i kustbandet.

Angående glacialslipning kan sammanfattningsvis sägas, att avsaknaden på sådan är påtaglig utom för de kustnära områdena.

#### 5.3.3.4 Glacifluviala dräneringssår

Angående glacifluviala och fluviala former allmänt på Varangerhalvön, hänvisas till kapitel 2.10.2. Under rubriken

glacifluviala dräneringssår kommenteras här endast kort isrand- och slukrännor.

Former, som visar på en betydande lateral glacifluvial verksamhet, återfinnes som israndrännor i anslutning till fjälltoppar och blockhav på framför allt halvöns sydvästra del (geomorfologiska kartan). Särskilt välutbildade serier av israndrännor, med tillhörande slukrännor, kan ses (geomorfologiska kartan) på Skipskjölens sydvästsida (fig. 3:39), Urdfjellelets nordvästsida (fig. 3:38) och Falkfjellelets västra och södra sidor (fig. 3:37). Tydliga rännor finns också utbildade i Maddavarris södra och östra sidor, i Kjöltindans sydsida och sydost om Grythaugen (geomorfologiska kartan).

Inom halvöns norra halva finns visserligen exempel på spår av lateral, glacifluvial dränering, men inte på långt när lika accentuerat som på halvöns södra halva (geomorfologiska kartan).

Isrand- och slukrännornas glacifluviala ursprung råder det inget tvivel om, även om en del av dem accentuerats postglacialt i samband med snösmältning. I en del av rännorna har observerats partier av frispölad berggrund, men då uppsprucken (fig. 3:38).

#### 5.3.3.5 Torvdatering

De fyra myrar, som valts för torvprovtagning har inte några egna namn, utan de följande namnen beskriver endast myrarnas belägenhet i grova drag. Lokalerna är markerade på figur 5:3, lokalerna A, B, C och D.

Lokal A, Kobberhovedet, avser en myr belägen strax inom Al'ljavaejmoränernas randläge (kap. 5.3.3.1). Lokal B är belägen vid Torvvand, knappt sju kilometer sydväst om Gaednjajav'ri i anslutning till det markerade sjöbäcken där bl.a. den sistnämnda sjön återfinnes. Jämför den geomorfologiska regionen fem, de nordliga dalbottnarna, i kapitel 2.11. Lokalerna C och D ligger båda på Holmfjellet, tjugo-sju kilometer nordost om Vadsö. De sistnämnda båda lokalerna ligger utanför (ovanför) de randbildningar, som urskiljes runt Holmfjellet (Holmfjeldet).

Fakta avseende borrhningarna vad gäller total torvmäktighet, provtagningsdjup, underlag och dateringsresultat är sammanställda i figur 5:16.

Av denna figur framgår, att ingen av de borrhade myrarna har en torvmäktighet överstigande två meter. Trots att ett

| provtagningslokal i myr/<br>sampling locality in bog | beteckning notation 4) | torvmåktighet/<br>depth of the bog<br>(cm) | provtagningsdjup/<br>sampling depth<br>(cm) | bas/base   | Ålder/<br>Age<br>( <sup>14</sup> C yrs. B.P.) | lab.nr. |
|------------------------------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------|---------|
| Kobberhovedet (1, 3, 5 (Čoarvenjunis (2, 3)          | A                      | 170                                        | 170                                         | lera/morän | 5 870-70                                      | Lu-786  |
| Torrvand (1, 3, 6 (Guorroladdo (2, 3)                | B                      | 80                                         | 80                                          | lera       | 5 540-70                                      | Lu-782  |
| Torrvand (1, 3, 6 (Guorroladdo (2, 3)                | B                      | 80                                         | 80                                          | lera       | 5 590-70                                      | Lu-782A |
| Holmfjellet (1, 3, 7 (Holmfjellet (2)                | C                      | 93                                         | 93                                          | morän      | 7 230-195                                     | Lu-709  |
| Holmfjellet (1, 3, 7 (Holmfjellet (2)                | C                      | 93                                         | 93                                          | morän      | 7 190-80                                      | Lu-785  |
| Holmfjellet (1, 3, 8 (Holmfjellet (2)                | D                      | 193                                        | 165                                         | torv       | 6 800-75                                      | Lu-784  |
| Holmfjellet (1, 3, 8 (Holmfjellet (2)                | D                      | 193                                        | 193                                         | lera       | 8 050-85                                      | Lu-783  |

Figur 5:16. Borrningar har med Hillerborr (Ø 35 mm) utförts i torvmyrar, med syfte att datera det organiska materialets basala delar. Dateringarna visar att de undersökta myrarna sannolikt är anlagda i atlantisk tid (postglaciala värmetiden). C14-dateringarna har utförts på Laboratoriet för C14-dateringar vid Lunds universitet (Håkansson 1974).

Anm.

- 1) namn enligt äldre topografisk karta
- 2) namn enligt ny topografisk karta
- 3) namn ej markerat på geomorfologiska kartan (bilaga)
- 4) beteckning i figur 5:3
- 5) inom Al'ljavaejjokka's israndläge 3,1 kilometer söder punkt 446 på geomorfologiska kartan (bilaga)
- 6) 3,0 kilometer NO om punkt 351, Julahaugen på geomorfologiska kartan (bilaga)
- 7) 0,8 kilometer NNW om punkt 249, Holmfjellet på geomorfologiska kartan (bilaga)
- 8) 2,3 kilometer SO om punkt 249, Holmfjellet på geomorfologiska kartan (bilaga)

With a Hiller corer (Ø35 mm) drillings were carried out in peat bogs with the aim of dating the onset of organic sedimentation. According to the dates, the peat bogs were probably established in Atlantic time (the Hypsithermal). The Radiocarbon Dating Laboratory of the University of Lund carried out all the C14-datings (Håkansson 1974).

Remarks:

- 1) name according to older topographical map
- 2) name according to new topographical map
- 3) name is not marked on the geomorphological map (Appendix)
- 4) notation in Figure 5:3
- 5) within the ice marginal deposits of Al'ljavaejjokka 3,1 kilometres to the S of point 446 on the geomorphological map (Appendix)
- 6) 3,0 kilometres to the NE of point 351, Julahaugen on the geomorphological map (Appendix)
- 7) 0,8 kilometre to the NNW of point 249, Holmfjellet on the geomorphological map (Appendix)
- 8) 2,3 kilometres to the SE of point 249, Holmfjellet on the geomorphological map (Appendix)

större antal myrar har upplodats (kap. 5.3.2.1) har inga djupare torvmarker hittats i lämpligt läge. Av figuren 5:16 framgår också att torven, med ett undantag, underlagras av lera eller morän.

C14-dateringar av det allra understa materialet, precis i övergången till underlaget, ger åldrar, som grovt ligger mellan 5 000 och 8 000 B.P. vilket motsvarar atlantisk tid (postglaciala värmetiden).

Några pollenanalyser av torvproverna, för att på så sätt erhålla bättre uppfattning om C14-dateringarnas överensstämmelse med faktiska förhållanden, har inte utförts.

### 5.3.3.6 Sjösedimentdatering

Läget av de sjöar, som utvalts för provtagning av sjösediment, framgår av figur 5:3, lokalerna 3, 4, 5, 6 och figur 5:17, lokalerna 3, 4, 5, 6 och 8. I den följande texten hänvisas till dessa båda figurer.

Sammanlagt redovisas borrhämnor och dateringar från sju sjöar. Två av dessa, Bruvatnet (lokal 1) och Domsvatnet (lokal 7), är inte undersökta av Malmström & Palmér utan av Hyvärinen (1975 och 1976) och kommenteras inte mer än med avseende på äldsta erhållna dateringar. Angående utförandet av provtagningar i övriga sjöar, C14-dateringar och utförda pollenanalyser hänvisas till kapitel 5.3.2.2. För noggran beskrivning av borrhämnor och utförda pollenanalyser hänvisas till Prentice (1981 och 1982).

#### Stjernevatnet (lokal 3)

Sjön är belägen inom den femte geomorfologiska regionen, de nordliga dalbottnarna (kap. 2.11), och ligger i det markerade sjöbäcken, där bl.a. sjön Gaednjajavári finns (geomorfologiska kartan).

Stjernevatnet ligger långt norr om de markerade randlägen, som finns inom Varangerhalvöns sydvästra delar, och söder om Straumenmoränen (kap. 5.2.1) i samma dalföre som denna. Sjön är 70 ha stor och dräneras mot norr ut i Kongsfjorden. Vattendjupet var på provtagningsstället 3,0 meter.

Den totala mäktigheten sediment, som hämtades upp som borrhämnor var 2,50 meter, varav de understa två centimeterna bestod av en röd moränlera, överlagrad av en rödaktig lera, i sina basala delar med inslag av grövre fraktioner,





Figur 5:17. Med syfte att erhålla datering av de allra underst liggande organiska sedimenten och med yttersta avsikt att få en minimiålder på deglaciationen, tog Malmström & Palmér (Prentice 1981, s. 54 och 1982, s. 188) under senhösten 1975 och midvintern 1975/76 upp borrhärdar ur sjösediment med ett Livingstoneborr ( $\varnothing$  51 mm) i sjöarna Stjernevatnet, Bergebyvatnet, Östervatnet, Holmfjellvatnet och Oksevatnet (lokalerna 3-6 och 8 i denna figur och 3-6 i figur 5:3). C14-dateringar utfördes av Laboratoriet för C14-dateringar vid Lunds universitet (Håkansson 1978, 1980 och 1981) och pollenanalyserna av Prentice (1981 och 1982). För jämförelser har i figuren medtagits arbeten utförda på Bruvatnet och Domsvatnet (lokalerna 1 och 7) av Hyvärinen (1975 och 1976). Angående äldsta erhållna åldersangivelser hänvisas till figur 5:3 och texten. För utförlig information om borrhärdar och pollenanalyser hänvisas till respektive författare. (1) och (7) är efter Hyvärinen (1975 och 1976), (5) är efter Prentice (1981) och (3, 4 och 6) är efter Prentice (1982).

*In order to date the onset of organic sedimentation and with the primary aim of obtaining the minimum age of the deglaciation, Malmström & Palmér (Prentice 1981, p. 54 and 1982, p. 188), with a Livingstone corer ( $\varnothing$  51 mm) during the late autumn 1975 and midwinter 1975/76 collected cores from the lakes Stjernevatnet, Bergebyvatnet, Östervatnet, Holmfjellvatnet and Oksevatnet (localities 3-6 and 8 in this Figure and localities 3-6 in Figure 5:3). The Radiocarbon Dating Laboratory of the University of Lund carried out all the C14-datings (Håkansson 1978, 1980 and 1981) and Prentice (1981 and 1982) carried out all the pollen analyses. For comparison, works carried out by Hyvärinen (1975 and 1976) in the lakes Bruvatnet and Domsvatnet (localities 1 and 7) are also illustrated. Concerning basal ages, see Figure 5:3 and for full information about cores and pollen analysis, refer to the authors. (1) and (7) are after Hyvärinen (1975 and 1976), (5) is after Prentice (1981) and (3, 4 and 6) are after Prentice (1982).*

### Iergyttja och gyttja.

C14-prov togs ut i övergången mellan Iergyttja och gyttja. Provet visade en C14-ålder av  $9\,370 \pm 150$  B.P. vilken enligt pollenanalyser ligger nära förväntad ålder (Prentice 1982, s. 201). Basen bör ligga på 10 300 - 11 000 B.P. (Prentice 1982, s. 201 och muntlig uppgift).

### Bergebyvatnet (lokal 4)

Sjön är belägen inom den andra geomorfologiska regionen, de större dalgångarna på Varangerhalvöns södra och östra delar (kap. 2.11), och ligger i det breda dalstråket mellan Urdfjellet och Maddavarri. Dalstråket dräneras mot söder av Jakobselva och Bergebyelva. Den sistnämnda utgör Bergeby-

vatnets avflöde.

Sjön, som ligger klart norr om de randlägen, som konstaterats längre mot söder i anslutning till dalföret (geomorfologiska kartan), är 110 ha stor och vattendjupet var på provtagningsstället 3,5 meter.

Den totala sedimentmaktigheten var 3,60 meter, varav de understa centimetrarna bestod av röd-grå silt överlagrad av lerig silt, siltig lera, lergyttja och överst gyttja.

Två stycken prover för C14-datering togs ut inom lergyttjehorisonten. Det understa gav en C14-ålder på  $10\,590 \pm 145$  B.P. och det översta en ålder på  $10\,420 \pm 160$  B.P. Båda dateringarna är ungefär 1 000 år för gamla i förhållande till förväntad biostratigrafisk ålder (Prentice 1982, s. 197). Prentice (muntlig uppgift) anger en approximativ ålder för de basala delarna till 11 000 - 11 800 år B.P. Jämför även Prentice (1982, s. 201).

#### Östervatnet (lokal 5)

Sjön är belägen inom samma geomorfologiska region som Bergebyvatnet och ligger i en öst-västlig dalgång i ett sjöbäcken med ett flertal mindre, grunda sjöar, som dräneras mot väster ut i Jakobselva.

Dalen är parallelldal till den fem kilometer längre norrut liggande Vargelvas och Nedre Flintelvas dalgång. Här återfinns bl.a. Vargelvspärren (kap. 5.3.3.1) och väster om denna finns ett flertal markerade randlägen i anslutning till Nedre Flintelva och Jakobselva. Östervatnet ligger söder om dessa men klart ovanför högsta kustlinjen. Sjön är till ytan 30 ha och djupet på provtagningsstället var 3,0 meter.

Den totala sedimentmaktigheten, som togs upp som borrhäror, var 2,01 meter, varav den understa horisonten utgjordes av blek brun silt överlagrad av siltig lera, silt med inslag av grövre kantiga fraktioner (upp till fem millimeter), siltig lergyttja och gyttja.

Tre prover togs ut för C14-datering, varav det understa togs ut i de basala delarna av lergyttjehorisonten. Detta prov gav en C14-ålder på  $11\,550 \pm 140$  B.P., det mellersta gav en ålder på  $9\,220 \pm 100$  B.P. och det översta  $7\,180 \pm 75$  B.P. Samtliga tre dateringar är för gamla, det översta ca 1 1 000 år och det understa nästan 2 000 år, i förhållande till förväntade biostratigrafiska åldrar (Prentice 1981, s. 61). Samma författare föreslår en approximativ ålder på de basala delarna till 12 100 - 12 500 B.P.

## Holmfjellvatnet (lokal 6)

Sjön ligger inom den tredje geomorfologiska regionen, södra platåområdet (kap. 2.11). Den ligger i en grund bassäng strax under högsta punkten på Holmfjellet, ca tjugosju kilometer nordost om Vadsö. Sjön har inget markerat tillflöde men dräneras mot väster till Skallelva. Holmfjellvatnet ligger utanför (ovanför) de randbildningar, som konstaterats runt Holmfjellet (geomorfologiska kartan). Sjön är till ytan 21 ha och därmed den minsta som borrats. Vattendjupet på provtagningsplatsen var 3,0 meter.

Det totala mäktigheten sediment, som hämtades upp som borrkärnor var 3,19 meter, varav den understa horisonten bestod av röd-grå siltig sand, överlagrad av silt, sandig silt, silt, lergyttja och gyttja.

Tre prover togs ut för C14-datering, varav det understa togs precis i övergången mellan silt och lergyttja. Detta understa prov C14-daterades till  $10\ 240 \pm 95$  B.P., det mellersta till  $9\ 200 \pm 100$  B.P. och det översta till  $8\ 120 \pm 80$  B.P. Dessa dateringar överensstämde med förväntade biostratigrafiska åldrar (Prentice 1982, s. 197 och 201). Prentice (muntlig uppgift) anger en mycket approximativ ålder på de basala delarna till 11 000 - 11 800 B.P. Jämför även Prentice (1982, s. 201).

## Oksevatnet (lokal 8)

Sjön är belägen inom den tredje geomorfologiska regionen, södra platåområdet (kap. 2.11). Sjön har sitt tillflöde från sydväst och dräneras mot öster via en markerad kanjon-dal, där vattenflödet går fram under talusmaterial från dalsidorna. Strandlinjer finns i sjön utbildade ca två meter över den recenta vattennivån (Sollid et al. 1973, s. 264-265).

Oksevatnet berörs i sina södra delar direkt av Vardömoränerna (kap. 5.2.1), Varangerhalvöns uthålligaste randläge, så att randlinjen skär sjön i ungefärlig riktning öst-väst, en dryg tredjedel från sjöns sydspets. Linjen markeras också av en liten ö ute i sjön (fig. 5:18).

Sjön är 259 ha stor och därmed den största av de sjöar som borrats. Under upplodning och provborrningar med Hiltorborr (kap. 5.3.2.2), har i sjöns centrala delar använts mellan åtta och tolv meter länk vilket gör sjön till den djupaste av de borrade sjöarna.





Figur 5:18. Vardömoränerna skär tvärs över Oksevatnets södra delar, där de bl.a. bildar en liten ö. Vid provborrningar i sjön har inga organiska sediment påträffats (undersökningslokal XI i fig. 5:3).

*The Vardö moraines can be traced across lake Oksevatnet, where they form a small island. Test corings have been made in the lake but no organic sediments were found. Research locality XI in Figure 5:3.*

Provborrhningar utfördes både norr och söder om randlinjen. I samtliga fall var botten hård och utan organiska sediment. I några fall norr om randlinjen, erhöles ca tio centimeter ren sand i kannan.

Några organiska sediment återfanns inte vid något tillfälle.

#### 5.3.3.7 Molluskskaldatering

Angående uppgifter om utförandet av C14-dateringar, hänvisas till kapitel 5.3.2.2.

Skal eller skalfragment har under fältarbetets genomförande endast påträffats vid ett tillfälle, i Angsnesmoränen (kap. 5.3.3.1). Moränryggen är belägen under och över den recenta havsytan upp till en höjd av ca tjugo meter över

havet. De partier, som berörts av provgrop ligger ca 10 m.ö.h. Moränryggens profil, såväl som uppgifter och detaljer från provgropen, framgår av figur 5:9 och beskrives utförligt i kapitel 5.3.3.1.

Skal och skalfragment har i provgropen påträffats på tre olika nivåer, 0,50 m, 1,20 m och 1,40 m (fig. 5:9). Den översta nivån motsvaras av ett decimetertjockt skalgruslager, som underlagrar en ca halvmetermäktig grusig, sandig moränkappa och överlagrar horisonter av siltig finlera. Ett par stora skal av Mya truncata C14-daterades till  $8\,510 \pm 80$  B.P. efter borttagning av ett skikt motsvarande 37 procent.

På den mellersta nivån, 1,20 meter, påträffades i mycket begränsad omfattning skalfragment av Mya truncata. Skalen låg inbäddade i en övergångszon mellan grå och röd, siltig finlera (fig. 5:9). Prov för C14-datering innefattade 49 procent av erforderlig provmängd. Dateringen visade en ålder på  $9\,640 \pm 160$  B.P. Femton procent av skalfragmentens yttre delar hade tagits bort före datering.

På den tredje och understa nivån, 1,40 meter, inbäddade i röd, siltig finlera, hittades några fragment av Pecten sp., Hiatella arctica och Mya truncata. Prov för C14-datering blev med nödvändighet mycket för litet, endast 20 procent av erforderlig mängd. Inga delar av fragmenten kunde undvaras. Datering visar en ålder av  $10\,480 \pm 315$  B.P., vilken korrigerad för skenbar ålder ger värdet  $10\,030 \pm 315$  B.P. (jfr Mangerud 1972 och kap. 5.3.4.4).

### 5.3.4 Diskussion

#### 5.3.4.1 Randlägen

##### Material

De ovan beskrivna randlägena uppvisar ett osorterat material, i det stora flertalet fall en sandig grusig morän. Undantag utgöres av vissa horisonter i de under högsta kustlinjen lokaliserade moränryggarna.

Jämförelsevis kan nämnas, att materialet i de på den geomorfologiska kartan (bilaga) presenterade åsarna genomgående är sorterat, i några fall ofullständigt sorterat. Fraktionskurvor från tre rullstensåsar har tagits med som jämförelsematerial och presenteras i figur 5:5 e, kurvorna 1, 2 och 3. För lokalisering av åsarna hänvisas till lokal-

beskrivningen i samma figur och till den geomorfologiska kartan (bilaga).

### Riktningsanalyser

Riktningsanalyserna visar i samtliga fall på väl företrädde riktningar tvärs, eller nästan tvärs, moränryggarna. Riktningarna tolkas som isrörelseriktningar utom för lokal II/4 utanför Al'ljavaejmoränerna. Fjällsidans stupning gör att massrörelser påverkat de långsträckta stenarnas orientering. Isrörelseriktningarna bekräftas på flera lokaler av den allmänna geomorfologin, isräfflor eller drumlinier.

### Blockanalyser

Ledblocksanalyser kan inom Varangerhalvön inte ge några noggrannare indikationer på isrörelseriktningar beroende på den komplexa sammansättningen av berggrunden inom halvön (kap. 1.3.1 och fig. 1:3-4) och som erratiskt material klassas endast urbergsblock. Urberg anstår endast på Varangerfjordens sydsida.

### Regionala synpunkter på presenterade moränryggar

Moränryggarna vid Skiipagurra och Al'ljavaejmoränerna utgör tydliga randlägen där framför allt de sistnämnda är mycket karaktäristiska. De fyra beskrivna ryggarna, vilka åtskil-

jes av kuperade dödisområden med myrar, representerar en sydlig isström med successiv avsmältning mot söder.

Moränryggarna vid Skiipagurra har tidigare registrerats av Sollid et al. (1973, Pl. 1), Corner (1975) och Kjeldsen & Sollid (1979) medan Al'ljavaejmoränerna tidigare karterats av Svensson (1971) och beskrivits av Svensson et al. (1972). Marthinussén (1974, fig. 18, s. 105) har på en karta lagt in randläget, medan Sollid et al. (1973, Pl. 1) markerat endast en mycket liten del av det, och då som sorterade avlagringar. Möjligen har moränryggarna beskrivits redan 1931 av Rosendahl (s. 501) men då tolkats som "mioftor" (se nedan under Javrasvmievtajavrit och kap 4.4.3). Av beskrivningen (op, cit., s. 501) är det svårt att avgöra om det är Al'ljavaejmoränerna som avses.

Ekolodningarna har visat att moränryggarna på nordsidan

av Meskfjorden bl.a. vid Aarnes, Bunes och Går̃gnehat fortsätter submarint och i flera fall kan de knytas ihop med moränryggar på Meskfjordens sydsida. Detta gäller t.ex. den vid Bunes befintliga moränryggen, som kan följas submarint och knytas ihop med Angsnesmoränen.

Stratigrafin i den upptagna provgruppen i Angsnesmoränen tolkas så, att den understa hårda rödbruna moränen utgöres av en bottenmorän, primärt avlagrad i glaciationens inledningsskede av en sydlig isström. Detta medför ett stort inslag av erratika. I ett senare skede kom isrörelsen att dirigeras av Varangerfjorden, som gav en mera västlig isström (Markgren 1964 och Sollid et al. 1973). Dessa påstående stöds, förutom av det betydligt större inslaget erratika i den understa moränen jämfört med den översta moränhorisonten, av observerade isräfflor och drumlins.

I ett sent skede av deglaciationen, med västliga isströmmar, stod en isbräcka tvärs över Meskfjorden (jfr Sollid et al. 1973) och bottenmoränen har nu sekundärt omlagrats och fått en svag ryggform, med långsträckta stenar orienterade nästan tvärs ryggen.

Den överlagrande rödbruna lerhorisonten och den gråa lerhorisonten utgöres av glacimarina sediment, medan den överlagrande moränkappan tolkas som en svallad ablationsmorän, möjligen deponerad av isberg.

Ovan gjorda beskrivning överensstämmer med den av Andersen föreslagna preliminära modellen av submarina ändmoräner (Andersen 1979, fig. 5 och s. 84-85).

Angsnesmoränen tolkas som en, i anslutning till en isbräcka, submarint bildad ändmorän. Denna tolkning tillämpas också på övriga runt Meskfjorden karterade moränryggar.

Med utgångspunkt från vad som ovan angivits, och med kännedom om den undulerande bottentopografin i Meskfjorden, tolkas detta som att en aktiv is med rörelseriktning mot öster bildat en kalvningsbuk i dessa inre delar av Varangerfjorden. Ändmoränerna speglar den successiva avsmältningen. Tolkningen stöds av arbeten av Sollid et al. (1973).

Sollid et al. (1973, Pl. 1) och Kjeldsen & Sollid (1979) har karterat en del av dessa ändmoräner.

Moränryggarna vid Mortensnes är visserligen bildade strax väster om en utskjutande udde i fast berg, men berggrunds-morfologin på land i moränryggarnas förlängning ger ingen anvisning om berggribbor. Hade ryggarna varit utbildade i fast berg, skulle de dessutom sannolikt varit frispolade. Marina bildningar kan uteslutas p.g.a. läge och material.



Moränryggarna tolkas, i enlighet med ryggarna i och strax utanför Meskfjorden, som submarint bildade ändmoräner i anslutning till en isbräcka. Denna tolkning stöder hypotesen om en kalvningsbukt i Varangerfjorden under deglaciationen.

Moränryggarna vid Mortensnes har såvitt känt inte beskrivits tidigare.

De beskrivna ryggarna vid Javraŕmievtajavrit har redan 1931 beskrivits av Rosendahl (s. 501). De tolkas då som "mioftor", vilket är ett lokalt namn på kullar och ryggar i lösmaterial. Rosendahl (1931, s. 500-501) tolkar dem som uppressade moräner. Angående dessa hänvisas till kapitel 4.4.3. De flesta av moränryggarna runt Maddavarri tolkas av nämnda författare som mioftor. Detta gäller eventuellt också Alŕljavaejmoränerna (se ovan).

Med utgångspunkt från utförda materialanalyser, riktningsanalyser, läge och geomorfologi, bl.a. den asymmetriska tvärprofilen med brantare proximalsida (mot söder) och flackare distalsida (mot norr), får ryggarna vid Javraŕmievtajavrit anses utgöra ett oscillationsläge för isfronten under den successiva avsmältningen mot söder.

Moränryggarna har, förutom av Rosendahl (1931), markerats (1971) och beskrivits (1972) av Svensson et al. och översiktligt diskuterats av Sollid et al. (1973).

Ändmoränen Vargelvspärren har tidigare beskrivits av Malmström & Palmér (1970), Svensson (1971 och 1972) och Svensson et al. (1972). Den har markerats av Sollid et al. (1973, Pl. 1).

Moränryggar i Syltefjordelvas dalgång har tidigare beskrivits av Sollid et al. (1973).

Angående den mycket tydliga randbildning, som Vardömoränerna utgör, skall endast tilläggas att de tidigare undersökts och beskrivits av Svensson (1971 och 1972), Svensson et al. (1972), Sollid et al. (1973) och Marthinussen (1974). De har karterats av Tolgensbakk & Sollid (1980).

## Sammanfattning

När det gäller den geografiska utbredningen (fig. 5:3) av randbildningar inom Varangerhalvön, är dessa koncentrerade till sydvästra, sydöstra och mellersta norra delarna av halvön, medan de i stort sett saknas på de centrala delarna. Den jämförelsevis största koncentrationen randlägen finns inom de sydvästra delarna.

Karaktäristiskt för i stort sett alla moränryggar är, att de är bildade av västliga eller sydliga isströmmar. Detta innebär för nordkusten, att isen rört sig från Varangerhalvöns centrala delar ut mot kusten. För sydkusten innebär det en isrörelse parallell med fjorden med påföljande nordriktade isströmmar upp i de stora dalgångarna i motlut uppför fallzonen (kap. 2.11).

I de flesta större dalar längs västra delen av sydkusten, t.ex. Al'ljavaejjåkkas, Bergebyelvas och Jakobselvas dalgångar inklusive Nedre Flintelvas dalgång uppträder ändmoräner, som är bildade av istungor, som trängt upp i dalgångarna i motlut, och då i samband med deglaciationen. De kan inte ha bildats tidigare, eftersom de då skulle deformerats eller utplånats, helt eller delvis. Över huvud taget är Varangerhalvön, sydväst om en tänkt linje med ungefärlig sträckning Falkfjellet-Leirpollen, med avseende på israndlägen och glacifluvial verksamhet, präglad av olika uppehåll eller oscillationer i isavsmältningen. Dessa har inträffat under slutfasen av Varangerhalvöns deglaciation.

Det finns inga tecken på att is skulle strömmat söderut, från en hypotetisk lokal ismassa inom Varangerhalvöns centrala delar. Det lilla antalet glaciala nischer talar också emot en omfattande lokalglaciation (jfr Svensson 1971, s. 11 och kap. 2.10.2 ovan).

Angående blockhaven skall noteras att de till allra största delen är lokaliserade utanför, d.v.s. norr och nordost om den stora koncentrationen av israndlägen inom halvöns sydvästra delar (kap. 3.4.3.1).

#### 5.3.4.2 Glacialslipning

Isräfflor och rundhällar förekommer företrädesvis innanför, d.v.s. söder om de stora israndlägena på södra Varangerhalvön, i mindre omfattning längs nordkusten och i undantagsfall inom de centrala delarna.

De få observationerna av glacialslipning inom halvöns centrala delar kan bero på att:

1. Området är jämförelsevis lite undersökt.
2. Glacialslipning har förekommit i mycket liten utsträckning.
3. Vittringsprocesser har undanröjt största delen av eventuell glacialslipning.

Angående den första punkten, kan författarna direkt vederlägga den, då stora delar av fältarbetet varit förlagt till

just dessa delar, och då en av de övergripande uppgifterna hela tiden varit att bl.a. notera glacialslipning och vindslipning.

De två andra punkterna hör ihop. Mäktigheten hos ett tjockt istäcke leder till en senare framsmältning av markytan, vilket innebär att periglaciala vittrings- och sorteringsprocesser har kortare tid att verka.

Motsatsen innebär att ett tunt istäcke sannolikt är mindre morfologiskt aktivt, vilket därmed resulterar i mindre välutbildad glacialslipning. Det tunna istäcket innebär också att markytan i höjdpartier smälter fram tidigare och de periglaciala processerna har där längre tid att verka.

Den sistnämnda hypotesen (tunt istäcke) anses vara den mest sannolika förklaringen till att det finns så lite glacialslipning på halvöns centrala delar.

Många av isräffel- och rundhällsobservationerna utmed Varangerhalvöns sydvästra kustremsa, är belägna i eller i nära anslutning till fjordens recenta strandlinje. Dessa hållar är i hög utsträckning utsatta för vittringsprocesser, under den långa vintern och i en våt miljö.

Rundhällar och isräfflor i dessa lägen, utgör de vackrast utbildade på hela halvön. Observationer av frostsprängda sådana hållar har inte gjorts. Detta beror sannolikt på att de till för ca 2 000 år sedan (jfr Donner et al. 1977) varit skyddade av havet.

#### 5.3.4.3 Glacifluviala dräneringsspår

Den glacifluviala verksamheten, i form av isrand- och slukrännor, har varit koncentrerad till de sydsydvästra delarna, d.v.s. de partier av halvön där den största koncentrationen randlägen har noterats. En del av den glacifluviala dräneringen har skett inom nuvarande blockhavsområden, t.ex. på Skipskjölens (fig. 3:39) och Kjöltindans sydvästsluttningar, på Urdfjellets nordvästsida och på Falkfjellets syd- och västsidor (fig. 3:37 och 3:38).

Förutom att spår efter glacifluvial lateral dränering ger anvisningar om iskantens läge och visar hur isen dirigerat smältvattnet (Sollid et al. 1973, s. 265-266 och s. 305-306), visar de också på betydelsefulla transportvägar för finmaterial ut och bort från de nuvarande blockhaven. De laterala dräneringsrännorna kan ibland uppnå en bredd av mellan fem och tio meter och vara flera meter djupa. Obser-

vationer av blottad berggrund i rännorna visar att den är uppsprucken (fig. 3:38). Detta innebär att vittringsprocesser ägt rum efter att rännorna upphört att fungera som isrand- och skvalrännor.

Den glacifluviala dräneringen har sannolikt haft betydelse för borttransportering av finmaterial. Detta förutsätter att blockhavsmaterialet funnits på plats vid isavsmältningen vilket måste varit fallet där rännor är utbildade i blockhav.

#### 5.3.4.4 Dateringar

##### Torvdatering

Dateringarna från de fyra myrarna, av den understa torven, uttagen precis i övergångszonen till den underliggande mineraljorden, uppvisar åldrar som grovt räknat ligger mellan 5 000 och 8 000 B.P. Eftersom pollenanalyser inte har utförts inom de aktuella torvlokaler, kan ingenting sägas om relevansen av dateringarna. Felkällor, som nedan anges för C14-dateringarna på sjösedimenten, existerar även för torvdateringarna. För detta resonemang hänvisas till diskussionen angående sjösedimentdateringarna (nedan).

Torvdateringarna ger visserligen en minimiålder på deglaciationen, men åldersangivelserna är alltför unga, för att kunna brukas som en direkt absolutdatering av deglaciationen. Detta inses lätt vid jämförelser med erhållna resultat av sjösedimentdateringarna (kap. 5.3.3.6 och nedan), molluskskaldateringarna och föreslagen deglaciationskronologi med utgångspunkt från strandlinjer (Sollid et al. 1973, Marthinussen 1974 och Andersen 1979). Dessa sistnämnda metoder ger samtliga en betydligt högre ålder på deglaciationen än vad torvdateringarna gör.

Det existerar uppenbarligen ett stort glapp mellan tiden för isavsmältningen och tiden för torvbildningens början. Med ledning av resultat från övriga dateringsmetoder, kan ett grovt mått på detta glapp anges till storleksordningen 4 000 år.

Åhman (1977, s. 124-128) har, i samband med datering av palsar, erhållit angivelser på högsta åldern på torv från en myr vid Karlebotn ( $7\,520 \pm 100$  B.P.) och från ytterligare en myr vid Värangerbotn ( $5\,110 \pm 70$  B.P.). Dessa dateringar överensstämmer väl med här presenterade torvdateringsresultat. Detta är anmärkningsvärt, då de båda sist-



nämnda lokalerna ligger strax utanför Varangerhalvöns sydvästligaste delar (geomorfologiska kartan) precis norr om Huvudstadiet. Området har smält fram betydligt senare jämfört med områden för övriga torvdateringar (kap. 5.2 och 5.3.5).

Detta understryker ytterligare torvdateringsmetodens svaghet som absolutdateringsmetod när det gäller deglaciationen inom undersökningsområdet.

De totalt sex stycken redovisade dateringarna ger anvisning om att torvbildning, inom och i anslutning till Varangerhalvön, tagit sin början i atlantisk tid (postglaciala värmetiden).

### Sjösedimentdatering

För det nedanstående och för utförlig information rörande C14-dateringar, pollenanalyser, biostratigrafiska åldersangivelser och angivelser av vegetationstyper hänvisas till Hyvärinen (1975 och 1976) och Prentice (1981 och 1982). Jämför kapitel 5.3.2.2

Relativa och absoluta pollendiagram har upprättats för de fyra borrhade sjöarna (Prentice 1981 och 1982) och korrelation (Prentice 1981) har utförts med data från södra Skandinavien (Mangerud et al. 1974) och med data från Endlevatnet på Andöya sydväst om Tromsö (Vorren 1978), Bruvatnet och Domsvatnet på Varangerhalvön (Hyvärinen 1975 och 1976) samt med torvprofiler från Pechenga (Aario 1943) och sydöstra Finnmark (Vorren 1972).

Utförda C14-dateringar har i två av de fyra sjöarna, Bergebyvatnet och Östervatnet, visat sig för gamla i förhållande till förväntad biostratigrafisk ålder. Åldersdifferensen, som uppgår till närmare 2 000 år för en av dateringarna, skylls för Östervatnets del hårdvatteneffekt beroende av närliggande kalkhaltig tillitberggrund (fig. 1:4) och för Bergebyvatnets del kalkhaltig morän (weichsel).

Samtliga äldsta åldersangivelser baseras på rätlinjig extrapolering utifrån överliggande C14-dateringar och/eller biostratigrafiska dateringar.

Bruvatnet (lokal 1), (Hyvärinen 1975)

Den understa zonen i Bruvatnet visar att det fanns en öppen

grästundra (jfr Prentice 1982, s. 203) vid tiden för depositionen. Nedåt övergår den i glaciala avlagringar. Basens ålder i sekvensen kan linjärt extrapoleras till 10 300 - 11 000 B.P., d.v.s. yngre dryas. Hyvärinen (1975, s. 20) skriver: "Thus, the present results are in good agreement with suggested Younger Dryas dating of the Main sub-stage moraines as defined in the area by Sollid et al. (1973) and with their correlation with the Tromsö-Lyngen moraines further west, or at least with the younger part of the latter (cf. Andersen 1968)."

#### Stjernevatnet (lokal 3)

Liknande förhållanden rådde runt Stjernevatnet som runt Bruvatnet vid tiden för depositionen av den understa zonen och linjärt extrapolerad basal ålder är densamma, 10 300 - 11 000 B.P.

Denna ålder förefaller något ung i förhållande till (kap. 5.2) dateringar av isrecessionslinjer med hjälp av strandlinjer (Sollid 1973, Marthinussen 1974 och Andersen 1979). Detta kan möjligen förklaras av sjöns läge i ett markant sjöbäcken, som bl.a. styrt is ut till Straumenmoränen. Ismassor har sannolikt dröjt kvar med påföljande fördröjning av invandring av växter och organisk sedimentation.

#### Bergebyvatnet (lokal 4)

Den understa zonen i Bergebyvatnet representerar (förmodligen) alleröd (Prentice 1982, s. 203) och omgivningen karaktäriseras av karga tundralika förhållanden. Extrapolerad ålder för de basala delarna anges till 11 000 - 11 800 B.P.

Precis som vid Stjernevatnet, hade en något högre ålder förväntats. Att döma av dödstopografin runt sjön, och över huvud taget i regionen med många myrar och grunda, små sjöar, kan kvarvarande lokala dödismassor förklara en något ung ålder.

#### Östervatnet (lokal 5)

Sedimentationssekvensen, som registrerats i Östervatnet, är den längsta tidsperiod, som registrerats på Varangerhalvön.

"Information on Bölling and Older Dryas time is scanty: solifluxion and open conditions prevailed around Östervatnet ...", (Prentice 1982, s. 203). Linjärt extrapolerad basal ålder anges till 12 100 - 12 500 B.P. vilket motsvarar bölling. Dateringarna passar väl in i isrecessionnsdateringar (kap. 5.2) med hjälp av strandlinjer (Sollid et al. 1973, Marthinussen 1974 och Andersen 1979).

Kvarvarande dödis skulle visserligen förväntas även i detta markerade sjöbäcken i likhet med Stjernevatnet och Bergebyvatnet, men närheten till fjorden har sannolikt medfört en effektivare avsmältning.

#### Holmfjellvatnet (lokal 6)

Den understa zonen i Holmfjellvatnet avsattes, precis som den understa zonen i Bergebyvatnet förmodligen bildades, d.v.s. under karga tundralika förhållande under allerödtiden, 11 000 - 11 800 B.P. Vid jämförelse med isrecessionsdatering baserad på strandlinjekronologi (Sollid et al. 1973, Marthinussen 1974 och Andersen 1979) är denna datering ytterligare ett exempel på en något för ung ålder (kap. 5.2).

#### Domsvatnet (lokal 7)

Det som sagts ovan angående relevansen av äldsta åldersangivelse gäller även för Domsvatnet, vars understa zon daterats till ca 10 000 B.P., d.v.s. till övergången mellan yngre dryas och preboreal tid. Hyvärinen (1976, s. 164) skriver ... "deposition of limnic sediments seems to have started only at the beginning of the Flandrian. This may be due to severe local conditions." Vad gäller "severe local conditions", kan sådana sägas råda även idag jämfört med omgivningen.

#### Sammanfattning av sjösedimentdatering

Av ovanstående beskrivningar framgår att två av de totalt sex stycken redovisade sjöarna, Bruvatnet och Östervatnet, direkt kan sägas spegla deglaciationen i den meningen, att daterade äldsta limniska sediment ger en ålder, som godtagbart överensstämmer med resultaten av någon annan date-

ringsmetod.

Även om dateringsresultat från övriga sjöar inte direkt anses spegla huvudisens avsmältning, ger de anvisningar om lokala förhållanden och tillsammans med övriga dateringar bidrar de till en helhetsbild av deglaciationsförhållandena.

Sjösedimentdateringsförsöken visar också att dateringar inte enbart skall hängas upp på C14-dateringar utan kompletteras med pollenanalyser.

### Molluskskaldatering

"C14-dating of marine shells is one of the most important methods for correlating Late Quaternary marine and continental strata.", skriver Mangerud (1972, s. 143). Samma författare skriver också (s. 168) att mollusker, som lever idag och vars skal dateras, ger en ålder, som kan variera från 200-300 år till mer än 2 500 år beroende på kolets cirkulation i naturen. Denna ålder kallas skenbar ålder (apparent age) och ett medelvärde på denna, för norska kusten, anges till  $450 \pm 40$  år.

Författaren (Mangerud 1972, s. 169) påpekar också, att kontamination efter deposition är en avsevärd felkälla vid datering av skal. Även mycket små kvantiteter yngre kol uppges kunna ge stora fel vid datering (op. cit., s. 169).

Vid dateringarna av molluskskal från Angsnesmoränen, var två av de tre proverna alltför små beroende på att inte flera hittades. Endast det övre provet var tillräckligt och bestod av ett skalpar av Mya truncata. Dateringssekvensen (ej korrigerad för skenbar ålder),  $10\,480 \pm 315$  B.P. (underst),  $9\,640 \pm 160$  B.P. (mitten) och  $8\,510 \pm 80$  B.P. (överst), med den äldsta dateringen underst och den yngsta överst, ger anvisning om att dateringarna borde vara relevanta.

Sollid et al. (1973, s. 302) skriver angående isavsmältningen i Varangerfjordens innersta delar som skett genom kalvning, att "This ceased temporarily at the Repparfjord sub-stage, when the ice margin already lay on the south side of the fjord.". Repparfjordstadiet korreleras av samma författare (s. 303) med Skarpnesstadiet, som enligt Marthi-nussen (1962, s. 46) och Andersen (1968, s. 34) dateras till 12 000 - 12 500 B.P. Till detta kommer dateringen av limniska sediment i Bruvatnet (Hyvärinen 1975) till 10 300 - 11 000 B.P.



Dessa två sistnämnda dateringar kompletterar varandra väl, framför allt om det tas i beaktande att yngre dryasmoränerna ligger något söder om nämnda lokaliteter.

Molluskskaldateringarna passar till synes dåligt in i förhållande till övriga dateringar av isrecessionen i området. En hypotetisk möjlighet kunde vara lokala isframstötter från söder under yngre dryas genom t.ex. Vesterelvas dalgång (geomorfologiska kartan). Det finns dock inga registrerade indikationer på att en sådan hypotes skulle vara rimlig.

### 5.3.5 Sammanfattande diskussion och slutsatser

Tidigare undersökningar sammanväges med resultaten av de presenterade egna undersökningarna.

#### 5.3.5.1 Glaciation

Under glaciationens inledningsskeden har isströmmen varit sydlig, för att under ett senare skede vridas över och bli mera västlig. Detta indikeras av divergerande isräfflor, drumliner och inslaget av erratika.

Istäcket har, även under glaciationens maximalskeden varit tunt och haft liten geomorfologisk effekt på underlaget, i varje fall på Varangerhalvöns centrala delar. Detta påstående grundas på att glacialslipning inom det senare området är så lite förekommande och att inslaget erratika på dessa högre centrala partier genomgående är mycket litet, mindre än en procent.

Det finns dock anledning att anta, att hela Varangerhalvön varit nedisad under maximalskedet, eftersom både isräfflor och erratika noterats, om än i liten omfattning för de högre centrala partierna. Författarna har likaväl inga geomorfologiska belägg för att denna totala nedisning måste ha varit samtidig över hela halvön.

Det finns inte heller några påtagliga indikationer på någon omfattande lokalglaciation.

#### 5.3.5.2 Deglaciation

Isranden låg vid Vardömoränerna och Straumenmoränen, av Sollid et al. (1973) och Andersen (1979) korrelerade med

Yttre Porsangerstadiet (jfr kap. 5.2), under senaste delen av mellersta weichsel (ca 14 000 B.P.). Med utgångspunkt från att istäcket var tunt, är det inte osannolikt att de högsta partierna av Varangerhalvön har varit framsmälta redan vid denna tid. Några belägg för detta i form av nunatakkskulpturer (jfr kap. 3.2.5) finns dock inte.

Vid jämförelser av de tre deglaciationsmodeller för Varangerhalvön (kap. 5.2) som finns upprättade (Sollid et al. 1973, Marthinussen 1974 och Andersen 1979), förefaller Andersens (1979) vara den som föreliggande undersökningar passar bäst in i, dock med ytterligare inslag (se nedan) från Sollids et al. (1973). Andersens (1979) modell utgör f.ö. en syntes av de båda andra.

Det starkaste stödet för ovan gjorda påstående angående deglaciationsmodeller är att finna på halvöns sydvästra delar, i de randlägen, som visar på en isrörelse, under deglaciationens senare del, upp genom de stora dalstråken inom området. Denna isrörelse tillgodoses väl i Andersens (1979) modell, som dock bör modifieras med en mera accentuerad kalvningsbukt i Varangerfjorden (Sollid et al. 1973). Belägg för en sådan har redovisats.

Det stadium, som visar israndens läge när huvudisen lämnat Varangerhalvön har av Sollid et al. (1973) korrelerats med Repparfjordstadiet (12 000 - 12 500 år B.P.). För detta senare, se kapitel 5.2.

Med antagande av att Sollids et al. (1973) korrelation är riktig, har merparten av Varangerhalvön smält fram under senaste delen av mellersta weichsel och första halvan av bölling (kap 1.1).

På grund av de många randlägena inom Varangerhalvöns sydvästra delar, finns det anledning att beakta möjligheten till ytterligare ett stadium mellan Yttre Porsangerstadiet och Repparfjordstadiet. Detta antydes av Andersen (1979), i det att Inre respektive Yttre Repparfjordstadiet urskiljes och korreleras med isrecessionen från Varangerhalvöns sydvästra delar.

De presenterade dateringarna passar väl in i både Sollids et al. (1973) och Andersens (1979) deglaciationsmodeller. Detta gäller dock inte molluskskaldateringarna.

#### 5.3.5.3 Blockhavens ställning under glaciation och deglaciation

För det följande, jämför kapitel 3.4.

En tunn is under glaciationens maximalskede (kap. 5.3.4.2) har sannolikt begränsade möjligheter att helt tillintetgöra ett blockhav. En tunn is öppnar följaktligen möjligheten för preglacialt bildade blockhav att överleva den senaste nedisningen.

De nordöstra delarna av halvön har, i varje fall vad beträffar de högre belägna partierna, varit framsmälta ca 1 500 år före de sydvästra delarna. Detta förhållande har, för de nordliga och centrala högre belägna delarna av halvön, gett periglaciala vittrings- och sorteringsprocesser 1 500 års försprång under optimala förhållanden, jämfört med Varangerhalvöns sydvästra partier.

De periglaciala processerna kan även tänkas bidra till att övriga vittringsprocesser ges bättre angreppsmöjligheter postglacialt.

I anslutning till blockhavsområdena inom halvöns centrala partier (fig. 3:21) finns också påtagliga spår av glacifluvial verksamhet i form av isrand- och slukrännor. Dessa har sannolikt aktivt bidragit till att transportera bort finmaterial från blockhaven. Där rännorna är utbildade i blockhav, visar detta att blockhavsmaterialet fanns på plats redan vid tiden för rännornas bildning. Observationer av frispolat men uppsprucket berg i rännorna tyder på att vittringsprocesser ägt rum efter det att rännorna utbildats.

Med kännedom om glaciations- och deglaciationsförhållandena inom Varangerhalvön finns följaktligen möjligheter för preglacialt bildade blockhav att överleva under en tunn is. Detta ger de periglaciala processerna tid att verka under tiden före weichselisen såväl som efter, och då framför allt under senaste delen av mellersta weichsel, senweichsel och tidig flandrisk tid.

Med ledning av vad som framförts ovan och i kapitlen 3.4.4 och 3.4.5, dras slutsatsen att blockhavsområdena, autoktont eller polygent bildade, är tidigt framsmälta. Deras nuvarande utbredning speglar glaciation och deglaciation, genom att de återfinns inom områden där isen varit tunn. Främst de tor-lika bildningarna talar för en preglacial initiering av blockhaven.

## 6. DISKUSSION AV RESULTATEN

### 6.1 Inledning och målsättning

I de föregående avsnitten, har vissa huvuddrag i Varangerhalvöns geomorfologi behandlats separat. Utgångspunkt för hela det föreliggande arbetet är den geomorfologiska kartan (bilaga), vars framställning och innehåll behandlas i kapitel 2. Vid utarbetandet av denna karta har olika åtgärder vidtagits för att förbättra och förbilliga framställningen. Blockhaven har delvis lagts in med hjälp av Landsat-material och överföringen av data till underlagskartan har skett med en mindre vanlig metod. Renritningen har skett i tryckskala på endast två överlägg. Tryckningen har skett med hjälp av fyrfärgsteknik. Återgivningen av stormorfologin har kompletterats med en datorritad höjdkarta. Vissa av undersökningsområdets mest framträdande geomorfologiska drag, blockhaven, kullarna i lösmaterial och olika israndbildningar har valts ut och analyserats noggrannare i kapitlen 3, 4 och 5.

Framställningen i de sistnämnda tre kapitlen är i stort sett fristående, och syftet med föreliggande kapitel är att göra kopplingen dem emellan.

#### 6.1.1 Sammanfattning av vunna resultat och erfarenheter

Blockhaven, som täcker en dryg fjärdedel av Varangerhalvöns yta och därigenom utgör det kanske mest markanta draget i undersökningsområdets geomorfologi, är av både autokton och polygen genes.

De autoktona blockhaven saknar finmaterial och dominerar i krönlägen. De anses vara bildade i periglacial miljö, huvudsakligen genom frostvittringsprocesser under senaste delen av mellersta weichsel, senweichsel och tidig flandrisk tid (kap. 1.1). Indikationer på preglacial vittring finns i form av tor-liknande vittringsrester. Dessa har följaktligen överlevt weichsel.

De polygena blockhaven innehåller finmaterial, och den nuvarande blockkappans areella och vertikala mäktighet är ett resultat av frostsorterande processer under senweichsel och tidig flandrisk tid.

Blockhavens nuvarande utbredning speglar ett tunt istäcke och en tidig framsmältning.

Inom Varangerhalvön har identifierats drygt åttahundra,



mer eller mindre framträdande kullar, utbildade i lösmaterial. Av det totala antalet återfinns drygt tre fjärdedelar inom blockhaven och då inom de polygent bildade.

Kullarna uppvisar ingen gemensam genes, utan den varierar både regionalt och inom områdena, men kullarna kan översiktligt sägas ha ett glacigent ursprung. Av de två detaljundersökta områdena, ligger ett utanför blockhaven (Maddavarri) och ett inom (Baseæerro).

Maddavarriområdets kullar utgöres i huvudsak av rester av rullstensåsar och randbildningar vilka ligger strax söder om ett väst-östligt stråk med israndbildningar.

Baseæerroområdet former utgöres dels av icke topografiskt markerade, vegetationsklädda finmaterialytor i anslutning till källflöden, dels av morän och glacifluvium som ansamlats i glaciärbrunnar och depressioner i en stagnant is.

Ingen av de undersökta formerna har periglacialt ursprung men har modifierats av periglaciala processer.

Från Varangerhalvön, som ligger inom den sporadiska permafrostens utbredningsområde, har tidigare rapporterats permafrost endast från palsmyrar. I och med föreliggande arbete, redovisas permafrost även från övriga områden genom observationer av mindre områden med termokarst. Dessa områden kommer att detaljinventeras och undersökas noggrannare med presentation i ett kommande arbete.

Varangerhalvön har smält fram under i huvudsak tidsintervallet 12 500-15 000 B.P., d.v.s. allra senaste delen av mellersta weichsel och tidigaste hälften av bölling. Israndlägen har identifierats inom de sydvästra, sydöstra och mellersta norra delarna av halvön. Den ojämförligt största koncentrationen av randlägen finns inom undersökningsområdets sydvästra delar, inom vilka också de flesta spåren av glacifluvial verksamhet återfinns. Randlägena i detta område daterar sig till tidig bölling.

Glacialslipning inklusive parabelriss förekommer företrädesvis söder om de stora israndlägena på södra Varangerhalvön, i mindre omfattning längs nordkusten och i undantagsfall inom de centrala delarna av halvön. Denna regionala fördelning sättes direkt i samband med ett mer eller mindre stagnant tunt istäcke i de områden, som uppvisar få spår av glacialslipning.

## 6.2 Huvuddrag i Varangerhalvöns geomorfologi - jämförelser

### 6.2.1 Blockhavens relation till kullar i lösmaterial

Huvuddelen av kullarna är enligt ovan koncentrerade till blockhaven och då till de polygent bildade. Blockhavens blockmantel har inte kunnat följas in under kullarna, medan däremot i vissa fall strukturer i kullarna kunnat följas ner i blockhaven (fig. 4:18). Detta tolkas så, att blockhaven inte varit helt utbildade vid tiden för kullarnas tillkomst vilket innebär att blockhaven delvis är postglaciala.

Blockhavens polygena ursprung innebär att de består av både lokalt vittringsmaterial och morän, medan kullarna består av morän och glacifluvium. Detta förhållande speglas även av mängden erratiskt material, som är något mindre i blockhaven jämfört med kullarna.

Det glaciösa materialet i kullarna och blockhaven är i stort sett likåldrigt. De frostsorterande processer, som under senweichsel och tidig flandrisk tid utformat blockhavens blockkappa, har även verkat på kullarna men där inte fått samma effekt p.g.a. att kullarna innehåller en mindre andel block jämfört med blockhaven och att kullarna i egenskap av positiva former varit torrare än omgivningen. Det material, som ändå frusit upp på kullarna har genom tyngdkraften transporterats ner till kullarnas perifera delar.

### 6.2.2 Blockhavens relation till israndbildningar

Blockhaven är till allra största delen belägna norr om, d.v.s. utanför, den stora koncentrationen av israndbildningar inom Varangerhalvöns sydvästra delar. De nordöstra delarna av halvön har, i varje fall vad beträffar högre belägna partier, varit framsmälta ca 1 500 år före de sydvästra vilket gett de periglaciala vittrings- och sorteringsprocesserna ett lika stort försprång i tiden. Observationer av frispölad men uppsprucken berggrund i isrand- och slukrännor visar att vittringsprocesser ägt rum även efter rännornas bildning i samband med deglaciationen.

Med kännedom om halvöns deglaciation, kan väsentliga delar av blockhavsbildningen dateras till tidsperioden 8 000 -14 000 B.P., d.v.s. senaste delen av mellersta

weichsel, senweichsel och tidig flandrisk tid. Processerna var sannolikt intensivast i början på perioden.

#### 6.2.3 Lösmaterialkullarnas relation till israndbildningar

De kullar, som observerats utanför blockhaven, ligger i allmänhet i anslutning till större israndlägen och när det gäller de detaljundersökta formerna vid Maddavarri, har de konstaterats i huvudsak utgöras av rullstensåsar och israndbildningar.

Kullarna utanför blockhaven utgöres i det stora flertalet fall av ismarginalnära bildningar och kan på så sätt knytas till deglaciationen.

Kullarna inom blockhaven är, precis som blockhaven, belägna norr om, d.v.s. utanför sydvästra Varangerhalvöns stora koncentration av israndbildningar. Även dessa kullar kan knytas till deglaciationen, då de är deponerade i anslutning till denna.

#### 6.2.4 Utbredning av erratiskt material och dess förhållande till blockhav, kullar i lösmaterial och israndbildningar

Uppenbara svårigheter föreligger, när det gäller att dra några långtgående slutsatser med hjälp av erratiskt material, då som sådant endast klassas urbergsmaterial, vilket i fast klyft bara anstår söder om Varangerfjorden. Halten erratiskt material i olika formtyper framgår av figurerna 5:4 och 4:18.

Allmänt kan konstateras att halten erratika avtar från söder mot norr vilket knappast förvånar. Mängden ledblock är dessutom mindre inom blockhavsområdena jämfört med i moränmaterial och glacifluvium. Detta kan istället ses så, att halten främmande material är större i dalgångar och lågpartier jämfört med högre belägna områden. Dessutom minskar den totala andelen ledblock inom blockhavsområdena p.g.a. en större andel lokalt vittringsmaterial.

Halten erratika i lösmaterialkullarna på Baseøerø är något större än i omgivande blockhav vilket anses stödja hypotesen om blockhavens polygena ursprung. Mot detta kan anföras, att ingen skillnad föreligger när det gäller mängden främmande material i blockhav med finmaterial jämfört

med blockhav utan finmaterial. Halterna erratika inom blockhaven är dock allmänt så små, att de inte gör utslag i ledblocksräkningarna. Några slutsatser baserade på erratikainnehåll bör därför inte dras vid jämförelser mellan autoktona och polygena blockhav.

#### 6.2.5 Utbredning av glacialslipning och dess förhållande till blockhav, kullar i lösmaterial och israndbildningar

Observerad glacialslipning framgår av figuren 3:21 och behandlas utförligt i kapitlen 3.4.3.5 och 5.3.4.2.

Olika bergarter ger olika förutsättningar för glacialslipning och då framför allt rundhällsbildning. Kvartsiter och kvartsitiska sandstenar, vilka har förhållandevis stor utbredning på Varangerhalvön (fig. 1:4), ger goda förutsättningar för bildning av rundhällar. Det är ändå svårt att se ett klart samband mellan dessa bergarters utbredning och observationer av glacialslipning inom undersökningsområdet.

Glacialslipningens utbredningsbild visar hellre de områden, där istäcket varit mäktigast och haft störst geomorfologisk effekt. Dessa områden återfinns söder om de stora israndlägena på södra Varangerhalvön och, om än i mindre omfattning, i anslutning till de större dalförenas mynning på nordkusten.

Glacialslipning saknas, med få undantag, inom blockhaven och de där befintliga kullarna i lösmaterial.

### 6.3 Slutsatser

1. Hela Varangerhalvön har, någon gång under weichsels maximalskede, varit täckt av is (glacialslipning och erratika kan observeras över hela halvön, om än, på sina ställen, sparsamt; utpräglad nunatakkskulptur saknas). Geomorfologiska belägg, som pekar på samtidig total nedisning saknas dock. De områden, vilka idag utgöres av blockhav var under maximalskedet täckta av en tunn is (ytterligt lite glacialslipning, starkt begränsat inslag av erratiskt material, kullar i lösmaterial, vittringsrester).
2. De högsta partierna av Varangerhalvön har smält fram relativt tidigt, möjligen redan ca 14 000 B.P., d.v.s.



under senaste delen av mellersta weichsel (kap. 1.1). Detta förhållande har inom berörda områden gynnat autokton blockhavsbildning under optimala förhållanden (blockhav uppbyggda av stora block och utan finmaterial, d.v.s. även utan kullar i lösmaterial). Vitttringsrester indikerar även preglacial blockhavsbildning, som överlevt under en tunn is.

3. Under ungefär 1 000 år, ca 13 000-14000 B.P., d.v.s. senaste delen av mellersta weichsel, smälte huvuddelen av Varangerhalvöns höjdplatå fram, medan is fortfarande

fanns kvar i dalförena och över stora delar av sydvästra halvön. Kullar i lösmaterial har under denna tid deponerats i samband med avsmältningen, efter vilken frostsorterande processer sorterat fram de polygena blockhaven, ur vilka lösmaterialkullar reser sig. De polygena blockhaven har fått sin nuvarande utformning under i huvudsak senweichsel och tidig flandrisk tid, d.v.s. under ca 4 000 år. Lösmaterialkullarna är följaktligen något äldre än de blockhav där de ligger.

4. Huvudisen har lämnat största delen av halvön ca 12 000 B.P., d.v.s. i slutet av bölling. Ismassor fanns fortfarande kvar i de större dalgångarna vid denna tid.
5. Den recenta utformningen av Varangerhalvöns landskap speglar i stort glaciation och deglaciation av halvön, perifert belägen inom weichselisens utbredningsområde. Den bilden störs dock av fluviatilt V-formade ravindalar och tor-liknande vittringsrester inom halvöns högsta partier, som bör vara preglacialt initierade.
6. Blockhaven synes i stor utsträckning sammanfalla med de paleiska ytornas utbredning. Stormorfologin präglas delvis av preglacial vittring.

## 7. SUMMARY

### 7.1 Introduction

#### 7.1.1 Previous works

Geoscientific investigations carried out during the nineteenth century had more of a geomorphological than a pure geological character. Among scientists from this period, Reusch (1891 a), who was the first to describe the nowadays well-known Bigganjar'ga tillite, and Holtedahl (1918), who produced an excellent view of the earliest geoscientific works in the area, should be named.

Shortly after the turn of the century, part of the geoscientific research became directed more towards glacial geomorphology. In the area pioneering works were carried out by Tanner (1906 and later). Among works of glacial morphological character, carried out until 1970, investigations by Holtedahl (1929 and later), Rosendahl (1932), Marthinussen (1945 and later) and Markgren (1956 and later) should be noted. During this period, especially in the nineteen thirties, the refugia theory was discussed, among other places, in connection with the Varanger Peninsula (Nordhagen 1933, 1935 and 1936 a and b). The question of glacial survival in the area still remains unanswered.

Pioneering periglacial investigations were carried out by Svensson (1962 and later) and Åhman (1977) was particularly interested in palsa bogs.

The whole of the Varanger Peninsula was photographed by air in 1970 and a new topographical map was published during the later part of the nineteen seventies. With the help of air photos, most of the ice marginal deposits known today were detected (Svensson 1971, 1972 and Svensson et al. 1972). Among other works of glacial morphological character, carried out after 1970, Sollid et al. (1973), Marthinussen (1974), Andersen (1979), Kjeldsen & Sollid (1979), Follestad (1980 and 1982), Ofstad (1980), Tolgensbakk & Sollid (1980) and Sollid (ed. 1983) should be noted.

Preliminary geoscientific studies within the Varanger Peninsula with the help of satellite data (Landsat) were carried out by Helldén, Malmström & Palmér (1977 and 1979).

An important fault zone, the Trollfjord-Komagelv fault zone, was discovered by Siedlecka & Siedlecki (1967) and since 1980 (Siedlecki) there has been a modern geological map of the Varanger Peninsula.

Concerning previous works, please consult the four principal Chapters 2, 3, 4 and 5 in this work and parts of this introduction chapter 1.

### 7.1.2 Description of the investigated area

Plate tectonics, during the Eocambrian and early Paleozoic, within the Arctic Sea basin with surrounding continents and the development of the North Atlantic are responsible for the macro geomorphology of the Varanger Peninsula and its rocks (Fig. 1:2). One characteristic of the peninsula is the fault zone, the Trollfjord-Komagelv fault zone (the geomorphological map, appendix and Figs. 1:2-5 and 3:16) which makes up the limit between two bedrock regions along a north-westerly to south-easterly direction.

The bedrock of the Varanger Peninsula is very complex and four regions of rocks can be discerned (Figs. 1:3-4):

- 1) The metamorphic rocks of the Caledonian thrust sheets, mainly sandstones, conglomerates, greywackes and slates, all of late Precambrian age.
- 2) The autochthonous/para-autochthonous sedimentary rocks of the Tanafjord-Varangerfjord region, mainly shales, sandstones, quartzites, conglomerates and tillites (Fig. 1:6) deposited during the Riphean - early Ordovician.
- 3) The allochthonous, sedimentary, slightly metamorphic rocks of the Barents Sea region, mainly sandstones, claystones and greywackes deposited in the Riphean-Vendian.
- 4) The crystalline rocks of the Baltic shield, granitic gneisses, migmatite, metagabbro, amphibolites, granodiorites and granitic pegmatites, all with a probable age of 2 800-1 900 million years.

The Varanger Peninsula is shaped like a plateau which is criss-crossed by flat, broad valleys. Normally the western and northern sides form cliff-coasts in contrast to the southern and eastern sides which are dominated by flat coasts, which often contain debris. The climate is maritime and influenced by comparatively mild winters and cool summers. The north-eastern part of the peninsula has a tundra climate, while the south-western side has Df-climate (cold snowy forest climate, moist in all seasons) according to Köppen's classification of climates. The Norwegian Meteorological Institute weather stations within the area can be

seen in Figure 1:7. Figure 1:8 shows temperature and precipitation. Figure 1:9 gives the number of snowy, rainy and sleety days and Figure 1:10 shows wind direction and wind velocity. In wintertime the coast is one of the most stormy on the Continent of Europe. The harbours are ice-free all the year round.

Two vegetation zones can be distinguished within the Varanger Peninsula. The north-eastern parts of the peninsula belong to the Arctic zone (tundra) and the south-western ones, Alpine belts in a Subarctic zone, are situated within the Subalpine birch forest region of the Boreal zone. The timber line, plotted on the geomorphological map (Appendix), intersects the south-western corner of the peninsula and reaches its highest at 250 metres above sea level, descending to the level of the sea in the north-west and south-east. The forest consists of mountain birch (Betula tortuosa) with elements of different willows (Salix sp). Within the bare mountain region there are, except for different herbs, grasses, mosses and lichens, plenty of dwarf birch (Betula nana) and crowberry (Empetrum nigrum p. hermaphroditum). On the whole there are only lichens with different degrees of coverage within the block fields (Chapter 3). The bogs, always shallow and often formed into palsa bogs, are found in the large valleys and in the southern and eastern coastal zones (the geomorphological map, Appendix).

From a biological point of view, parts of the Varanger Peninsula have been considered as unglaciated refugia.

On the Varanger Peninsula only the coastal regions are inhabited (the geomorphological map, Appendix) and the largest settlement is Vadsö, which is also the central part of a large administrative district, Finnmark Fylke. The main occupations are fishing and agriculture, but many people earn their livelihood in administration, education and service.

## 7.2 The geomorphological map

The purpose of the geomorphological mapping of the Varanger peninsula is threefold: to carry out a geomorphological inventory, to produce a basis for the following analysing chapters and to attain a simple and cheap method for geomorphological mapping.

Geomorphological mapping has developed from the functio-



ning of accounting for observations into an independent geomorphological working method, where the maps form the basis for further work. As a background to the geomorphological map of the Varanger Peninsula a rather detailed exposition of the contents and different methods of production pertaining to this type of maps has been undertaken. Classification according to different criteria is shown in Figures 2:1 and 2:2. A division into small-scale, medium-scale and large-scale geomorphological maps with the limits 1:100 000 and 1:1 000 000 respectively has been put forward. The first fractional scale constitute the limit where a great many objects, primarily on the medium scale can no longer be reproduced separately, whereas the other is situated where whole countries or essential parts of them can be reproduced on one map-sheet. The mapping applicability of different sources varies with the fractional scale (Fig. 2:3).

Two schools can be discerned within modern geomorphological cartography. One is striving after a complete geomorphological description, which results in sophisticated and expensive maps, the other deliberately gives up the demands for completeness and the difficult cartographic problems and instead produces a map easier to read and use. Examples of the different schools are IGU's work on a universal legend, "the Unified Legend" (Demek 1972) and ITC's (International institute for Aerial Survey and Earth sciences, Enchede Holland) legend based on air photos (Verstappen 1977, 1980, Fig. 2:4) respectively. Other systems that record geomorphology are Terrain Analysis (Fig. 2:7) and Landform Maps (Fig. 2.8).

The Scandinavian countries have to a great extent avoided work on the debate concerning geomorphological maps. However, in this connection Axel Schou's (1949) "Landskabskort" of Denmark and the geomorphological mapping of the Swedish mountain range (Melander 1976 et al. later on) can be mentioned. The morphometric description has given rise to special problems and it is given considerable attention.

### 7.2.1 Geomorphological map of the Varanger Peninsula

The geomorphological map is the result of a total geomorphological inventory which also forms the basis of the following analysing chapters. In order not to involve the debate on geomorphological maps the starting position was

chosen in the legend used when mapping of the Swedish mountains, which at that time was the only more extensive mapping in Scandinavia. IGU's legend and scale are considered to be too complicated for our purpose. The legend chosen was to some extent completed primarily through the introduction of symbols of lithology, the forest limit, classification of coasts, glacial striation, etc. In order to improve the reproduction of the macromorphology a computer-drawn, three-dimensional map based on about 12 000 coordinated elevation points was included. The mapping itself was, on the whole, carried out during the years 1974-75, whereas a certain revision and transfer to a base map took place during 1981-82.

At the beginning of the work there were no geomorphological maps of the area. A geomorphological map-sheet of the Vardö area (Tolgensbakk & Sollid 1980) and some Quarternary geological map-sheets partially containing geomorphological information (Kjeldsen & Sollid 1980, Ofstad 1980, Follestad 1982) were published at a later date.

#### 7.2.2 Working routine on the mapping, transfer of data, printing

The mapping is chiefly based on an analysis of airphotos to the scale 1:35 000 and 1:60 000 together with field controls. The blockfields, however, have been inserted from a false colour composite Landsat-imagery, which after experiments (Helldén, Malmström & Palmér 1977, 1979) has proved suitable for this purpose. Since no quaternary map exists, the description of the lithology is to a great extent based on an analysis of the air photos. The interpretation was transferred to an enlargement of a topographical map to the original scale of 1:250 000 (Norsk Geografisk Opmåling serie M515 35, 35-6 Vadsö). In order to obtain a field vision wide enough to secure good correspondence with the base map so poor in details, a less conventional method used (Fig. 2:10). The finished drawing was carried out on the printing scale and in colour with black on a separate cover. The map picture was then colour-separated and printed in offset with four-colour technique.

### 7.2.3 Cartographic specification

Two objectives have been aimed at in the specifications

1. Within the compass of the legend chosen the intentions of the international legend are to be followed as far as possible.

2. The map is to be as easy to read as possible.

These objectives are partly in contrast to each other and therefore certain compromises have been necessary. The different colours symbolize the following features:

|             |                                          |
|-------------|------------------------------------------|
| carmine-red | fault line                               |
| grey        | bare/almost bare rock                    |
| violet      | glacial erosional forms                  |
| light red   | glacial accumulation forms               |
| brown       | glaciofluvial/fluvial erosional forms    |
| green       | glaciofluvial/fluvial accumulation forms |
| blue        | marine and limnic landforms              |
| brown       | slope forms                              |
| orange      | aeolian forms                            |
| black       | biogenic and anthropogenic forms         |

In order to minimize the number of symbols certain landforms have been combined into groups. In spite of this the number of symbols amounts to nearly 60, which must be considered to be a maximum of that which is possible to remember at one time when reading the map. The smallest unit mapped is 4 mm x 4, except for swamps and lakes (2 mm x 2).

### 7.2.4 Contents of the map

For the different classes the reader is referred to the legend of the geomorphological map. Because of the complicated bedrock pattern it has not been possible to differentiate the species of rocks. Bedrock outcrops are shown in a genetically neutral gray. The fault lines have been taken from the bedrock map (Siedlecki 1980). Figures marking the highest shore line have been taken from Sollid et al. (1973) and Marthinussen (1974). The symbol of coastal type also indicates the 10 m fathom line according to the 1:50 000 topographical map. The same map has supplied information about underwater stones/breakers. North of Komagvaer and north of Vestre Jakobselv small thermokarst areas have been plotted (Fig. 2:24). As far as is known, such a

feature has yet to be reported from this area. The extension of the swamps as well as roads and human settlements originate from the 1:50 000 topographical map and the forest line comes from Atlas of Finland (1960).

### 7.2.5 Geomorphological regions

The geomorphological map shows the plateau-like shape of the peninsula, its uniform distribution of soils and the wide area covered with block fields, especially in the northern parts of the peninsula having their south boundary at the Trollfjord-Komagelv thrust. This boundary also appears again in the area of the valleys which form a dendritic pattern to the north of the boundary. South of the line the number of glaciofluvial/fluvial channels increases as does the dead-ice topography. Five major geomorphological regions can be distinguished (Fig. 2:24). The boundaries between the regions are repeated in the stream channel profiles of the rivers (Fig. 2:27). Rudberg (1982), referring to Büdel (1981), discusses differences in valley formation between areas with sedimentary bedrock and crystalline rock, which became apparent in an increased number of fluvially characterized valleys and glacial microforms, roches moutonnées, etc. The occurrence of fluvially characterized valleys and the comparative scarcity of glacial microforms on the Varanger Peninsula agree well with these conclusions.

In 1901 Reusch introduced the concept "paleic surface" pertaining to an original relief older than the Quaternary in contrast to more recent denudation forms. These surfaces have been frequently discussed, especially those situated south of the Varanger Peninsula. Gjessing (1967) summarizes the characteristics of the paleic surface in this way: it has the appearance of being old, it is preglacial and consists of heights and depressions. The heights are slightly convex with regular crests bounded by steep slopes.

The geomorphology within the Varanger Peninsula is largely in accordance with Reusch's original definition (Fig. 2:28). This particularly applies within region 3 (Fig. 2:24) with the flat convex profiles of Mounts Urdfjellet and Falkfjellet and within region 4 (Fig. 2:16) with flat surfaces and young valleys.



### 7.3      *The block fields*

#### 7.3.1      *Introduction, background and main purpose*

Of the total area, ca 6 000 km<sup>2</sup>, of the Varanger Peninsula, ca 1 700 km<sup>2</sup>, slightly more than 27 percent, is covered with block fields (for definition see below), which constitute a striking geomorphological feature in the scenery of the peninsula (Fig. 3:21). The block fields display great differences in lichen coverage (Fig. 3:21) and observations regarding wind abrasion have been made (Figs. 3:45 and 3:46). From a biological point of view, parts of the Varanger peninsula have been considered as refuge areas for certain organisms, especially plants. Special attention has been paid to the block fields of the area.

The main aim of the present analysis of the block fields is to contribute to answering the questions concerning the genesis and age of the block fields and to explain the role the block fields played during the last glaciation. Can the block fields of the Varanger Peninsula have been ice free refuges? What conditions reflect wind abrasion and differences in lichen coverage?

#### 7.3.2      *General view*

A bibliography from the end of the 19th century up to the present shows no apparent definition of the term block field (Fig. 3:1).

The present authors are of the opinion that geomorphological and genetic definitions should be kept apart. In geomorphology the term block field should be applicable to all the ground, irrespective of inclination, that is 50 percent or more covered with angular blocks and stones. Blocky material in sloping terrain forms phenomena such as block streams and taluses, which are considered to be special forms of block fields. If the genesis of the block fields can be decided, the designations autochthonous and allochthonous block fields are used respectively. If the block fields are both autochthonous and allochthonous, the designation polygenetic block fields is used (Fig. 3:2).

Weathering and frost processes have been compiled in Figure 3:3, while Figure 3:4 illustrates the opinion that mechanical weathering in periglacial climates is strong compared with the chemical weathering. The positions of the

Varanger peninsula in the diagrams (Fig. 3:4), however, point to difficulties in generalizing weathering intensity in relation to rough climatic parameters.

Frost shattering has for a long time been considered the most important process in mechanical weathering in periglacial climates, and laboratory experiments have been carried out by several research workers to demonstrate and quantify frost shattering as a function of climatic conditions, bedrock composition and time. In this connection two different climatic cycles (Fig. 3:5) and two different humidity environments are discerned.

Of the factors that influence frost shattering intensity is, apart from temperature fluctuations, humidity conditions and time, the material factor of importance (Fig. 3:6).

Freezing experiments on bedrock material from the Varanger Peninsula have been carried out in this connection and are compared with results from the above mentioned studies.

The vertical extension of the block fields and particularly their lower limit are important factors to take into consideration when determining the genesis and age of the block fields. Furthermore, the discussion about the genesis is closely associated with hypothesis regarding glaciation and deglaciation (Chapter 5) and not least the question of possibly unglaciated refugia (Figs. 3:7 and 3:8).

Several authors have related the differences in lichen coverage to different climate related processes. The discussions have been focused on the question of whether differences in lichen coverage reflect recent or fossil climatic conditions (Fig. 3:9). The latter applies to the Little Ice Age.

Parts of the Varanger Peninsula have, on different occasions, been considered as refuge areas for mainly plants during the Weichselian. Among the plants which in this connection have attracted attention to the Varanger Peninsula and especially to its block fields (Fig. 3:21), we can notice among others Papaver dahliaenum, Arenaria pseudofrigida and Crepis Multicaulis (Figs. 3:12, 3:13 and 3:14).

### 7.3.3 Earlier geomorphological investigations of the block fields within the Varanger Peninsula

Geomorphological investigations have been carried out on

the Varanger Peninsula since the 19th century, but no comprehensive research in the block fields of the area has been carried out.

#### 7.3.4 Investigations carried out by the present authors

The areal and topographical extension of the block fields and differences in lichen coverage have been mapped with the aid of air photos, satellite images, topographical maps and field controls (Figs. 3:16, 3:17, 3:37 and 3:39).

In connection with a test concerning the possibilities of using Landsat data for geoscientific applications, it was shown that block fields and differences in lichen coverage within them could easily be mapped in a Landsat scene (Figs. 3:16-18). The results are evident from the geomorphological map (Appendix) and the Figures 3:21 and 3:22.

In order to obtain an idea of the vertical structure and thickness of the block fields, a number of localities have been examined (Fig. 3:21, localities A-Y), test pits have been excavated and documented, samples for complete soil analysis have been collected and indicator block analysis have been undertaken. The results can be seen in the Figures 3:21, 3:23-32 and 3:36.

In order to obtain an idea of how the local bedrock of the Varanger Peninsula is affected by frost action, laboratory experiments concerning frost weathering have been carried out (Figs. 3:19-21 and 3:33). The results are evident from the Figures 3:28 and 3:34-36)

There is no direct relation between the areal extension of the block fields and the rock distribution on the peninsula (Figs. 1:4 and 3:21). Topographically the blockfields are situated on the upper parts of the Varanger peninsula, which consist of comparatively more resistant rocks, such as quartzite, quartzitic sandstones as well as sandstones (Figs. 1:4 and 3:21). This points to a direct connection between the areal extension and the topography of the block fields, which in turn reveals an indirect connection between areal extension and the bedrock.

Block fields situated on summits often lack fines (Fig. 3:21, localities A, B, L, O and R) and the appearance of the area gives the impression of an enormous jigsaw puzzle where blocks and stones theoretically could be moved to their original positions and in that way restore the original bedrock surface (Fig. 3:24). However, tor-like weather-

ring remnants (Fig. 3:23) show that much of the puzzle material is lacking.

Within the block fields the occurrence of erratics is small (<1 per cent, Fig. 5:4) and there are few observations of striae (Fig. 3:21). The latter observations, however, suggest that the area has been overrun by ice, which must have happened during the Weichselian. The striae may probably not have survived from earlier glaciations to judge from the preceding weathering processes.

The small amount of striae can be explained by the fact that only a few of them have come into existence due to a thin ice sheet, which probably has an insignificant geomorphological effect on the substratum (Chapter 5), but also that they have been erased by weathering. Recent granular disintegration can be observed in these areas (Fig. 3:41).

These block fields on summits and without fines are interpreted as autochthonous and developed through frost weathering processes in an periglacial environment. According to Chapter 5 there is a reason for the assumption that they were formed mainly in the latter part of the Middle Weichselian and Late Weichselian but also in the Early Flandrian (Chapter 1:1). The size of the tor-like weathering remnants (Fig. 3:23), however, indicates considerable preglacial weathering (Chapter 5.3).

The genesis of the block fields with fines that are dominating both as for extension and vertical thickness (Fig. 3:21) is considerably more complicated.

The Figures (3:26 and 3:29) show the profiles through two block fields of that type, Baseåerro and Buktkjölen (the geomorphological map, Appendix, Fig. 3:21, localities F, G and J and Fig. 3:22 a-b, profiles I-J and 11-12). The properties of the fines are evident from the Figure 3:28, the curves and localities F, G and J. The amount of erratics is small (Fig. 5:4) and the material is very sharp edged and lacking any traces of glacial erosion except of locality J, Buktkjölen, where striae have been observed on surface blocks. Some stones and blocks in locality F (Fig. 3:28) are so effectively weathered that they can almost be crumbled by the hand and the whole profile also has a rust red colour.

Comparisons have been made between fraction curves from the fines of the block fields, end moraine material, material produced in connection with frost weathering experiments and material from mechanical crushing of quartzite



(Fig. 3:28).

Indications of autochthonous, allochthonous (till origin) respectively formation of block fields on the Varanger Peninsula:

1. Indications of autochthonous formation of block fields:
  - a) sharp edged material without striae (Fig. 3:28, localities F, G and J)
  - b) weathered material (Fig. 3:28, locality F)
  - c) rust coloured material (Fig. 3:28, locality F)
  - d) local material (Figs. 3:28 and 5:4)
  - e) conformity between fraction curves from frost weathering experiments and the fines in the block fields (Fig. 3:28)
2. Indications of allochthonous formation of block fields (till origin):
  - a) round edged material
  - b) striae on solid rock (Fig. 3:21)
  - c) striae on blocks
  - d) erratics (Fig. 3:28, localities F, G and J)
  - e) material hard to dig in (Fig. 3:28, localities F, G and J)
  - f) obvious transition to solid rock below the block fields (applies to locality J in Fig. 3:28)

Commencing with the above statements and on the basis of present knowledge of glaciation and deglaciation (Chapter 5), the genesis of the block fields containing fines must be looked for in numerous different processes and they are interpreted as polygenic, where frost sorting processes together with early ice melting (Chapter 5) are responsible for the present distribution.

With the help of the results from frost weathering experiments, it has been found that there is a hypothetical bedrock degradation of 0,004 mm per annum in quartzite and quartzitic sandstone. This means two metres in 0,5 million years. The calculation illustrates that frost weathering processes can produce considerable quantities of fines under certain given conditions.

The existing areal and vertical distribution of the block mantle itself are considered to be the results of frost processes during the Late Weichselian and Early Flandrian.

Differences in lichen coverage within the block fields can be seen in Figures 3:21 and 3:42 and on the geomorphological map, Appendix. In practice block fields rich in lichens are equivalent to a lichen coverage of ca 80 per cent (Fig.

3:43), while the corresponding percentage for block fields poor in lichens is ca 20 per cent (Fig. 3:44). Block fields poor in lichens are always situated in summit positions (Fig. 3:21).

Working hypothesis on causes of low degree of coverage:

1. They reflect the extension of the ice and snow covers of Little Ice Age
2. They reflect areas where the annual snow lies longer than in the surroundings
3. They reflect areas exposed to intense wind abrasion
4. They reflect block fields with a high weathering intensity

Hypothesis number one must be rejected after detailed literature studies. Today the other hypothesis can neither be supported nor rejected (Figs. 3:22, 3:45 and 3:46).

Figure 3:45 illustrates the wind directions that are indicated by measurements of wind abrasion. The wind directions lie within the quadrant of recent wind directions (Chapter 1.3). It is remarkable that several observations of wind abrasion are made within autochthonous block fields where fines, the abrasive material, are lacking. Ice crystals are supposed to be responsible for the abrasion effect.

### 7.3.5 Conclusions

1. The block fields that are situated on summits and at present are, on the whole, lacking fines are interpreted as autochthonous and mainly formed by frost weathering processes in a periglacial environment. They are supposed to have developed mainly during the latter part of the Middle Weichselian and during the Late Weichselian but also during the Early Flandrian (Chapter 1.1). Tor-like weathering remnants, however, indicate preglacial weathering which has survived the Weichselian under a thin ice cover with an insignificant geomorphological effect on the substratum (cf. Chapter 5).
2. The other block fields contain fines. These block fields have a polygenic genesis. The areal distribution and the vertical thickness of the block mantle itself are the results of frost sorting processes during the Late Weichselian and Early Flandrian (Chapter 1.1).
3. No comprehensive recent block field formation activity can be shown.

4. *There are no signs of unglaciated areas within the block fields during the Weichselian, but indications of a thin ice are noted (see above, paragraph 1 and Chapter 5).*
5. *The block field areas were deglaciated early and their distribution reflects glaciation and deglaciation. This is supported by existing glacial-geomorphological works (Chapter 5).*
6. *It has not been possible to present causes of differences in lichen coverage within the block fields, but research is going on according to the working hypothesis that the differences in lichen coverage are related to the climate.*

*Where the block fields seen from a glacial-morphological viewpoint are concerned, the reader is referred to Chapter 5.*

#### 7.4 Mounds of debris

##### 7.4.1 Introduction

*Within the Varanger Peninsula there are plenty of more or less conspicuous mounds of debris (Fig. 4:1, 4:2). They are marked with red circles with an inserted cross on the geomorphological map. These elevations are usually barely 10 m high and almost 100 m in diameter and appear most markedly in the block fields through the contrast to the coarser block material. The landforms have been examined on the basis of the following questions:*

1. *Are these landforms only characteristic of the Varanger Peninsula?*
2. *Do they have a common genesis?*
3. *Can they serve as climate indicators?*
4. *Can they give information about the deglaciation?*

*In order to answer the above questions parallels have been looked for in the literature, the landforms have been examined in the field and their patterns of distribution have been analysed. In addition, two localities outside the peninsula and already described, Stourraskaidi and Rakasko (Fig. 4:3) have been inspected.*

*The landforms, especially those near Mount Falkfjellet, have been investigated by Svensson (1971), who interprets them as glacial/glaciofluvial accumulations or as surfaces being built up of aeolian material (round vegetation cove-*

red surfaces about 1 dm high).

The landforms dealt with here display a great variety and they have been given a broad definition comprising mounds with more or less well-developed hilly forms as a common characteristic. They are considered to be of glacial or periglacial genesis and different types of elevations, pingos, bugors, palsas, prairie mounds and others are discussed as a background.

#### 7.4.2 Geographical position and pattern of distribution

In order to find out, if possible, a common genesis of the pattern of distribution has been investigated (Figs 4:4 to 4:9). Gentle slopes within regions 3 and 4 (the southern and northern plateau surfaces) have the largest number. There is a tendency towards clustering but the inventory does not point to any distinct pattern of distribution. The result can be interpreted either as mounds being found on the whole of the peninsula independent of the examined factors, or it may indicate that the mounds do not constitute a uniform group. Two groups can possibly be discerned: highly situated mounds in block fields and lower ones outside the blockfields respectively. If so, these different types are represented by the two localities of Maddavarri and Basebaerri.

#### 7.4.3 Maddavarri - fossil glacial mounds outside block fields

South-west of Maddavarri (Fig. 4:3, geomorphological map) there are several mounds on a flat morainic surface. Many of them are round, others are elongated, often 50-75 m long, 20-40 m broad and 4-6 m high. They lack any central depression and do not differ from the surroundings concerning block content at the surface or vegetation, (Fig. 4:2). In many cases the single mounds can be connected to imaginary lines, NNW-SSE or WSW-ENE. For a detailed description, see Figures 4:10 and 4:11. Just north-west of the area the Alljavaejjokka is crossed by a moraine line (Chapter 7.5.3). There is also a small esker in the vicinity of the mounds (see the geomorphological map).



#### 7.4.4 Discussion

The landforms have been interpreted as having been created through an upward pressure of water-saturated till into crevasses in the basal parts of the ice (Rosendahl 1931). The small content of fines (Fig. 4:11) contradicts this theory. A well developed direction maximum in the orientation of the stones is against the theory of deposition as ablation till and differences in morphology and the position in the terrain as compared with the mounds at Stourraskaidi and Rakaslako are against a periglacial genesis. The landforms are interpreted as remnants of end moraines (the WSW-ENE line) and eskers (the NNW-SSE line). Particulary the deposition of the former has been favoured by the steering and decelerating effect on the ice that the summit of Doudarcevilas (392 m on the geomorphological map) has exerted. Both north and south of the area there are well-developed glaciofluvial channels. But they are lacking within the area itself which points to a stagnant protecting ice.

#### 7.4.5 Baseaerro- fossil glaciofluvial/fluviail mounds in block fields

The area is made up of a gently undulating polygenic block field (Fig. 4:12) at an altitude of 400-500 m within the northern plateau surface. The locality was demonstrated and discussed at the field meeting of IGU's Coordinating Committee for Periglacial Research in September 1979. The landforms vary within wide limits, 10- several 100 m in diameter an 0- ca 10 m in height, but they are round and differ distinctly from the surrounding block field (Figs. 4:1, 4:13, 4:14). They are often surrounded by a poorly developed ring ridge. The material is both sorted and unsorted (Figs. 4:15-4:18). In certain cases the material and structures can be traced below the block mantle (Fig. 4:18).

#### 7.4.6 Discussion

The position of the mounds uppermost on the slopes is not typical for pingos. The pattern of distribution differs from the chaotic location of the fossil pingos of Western Europe. Neither is it similar to that of the North-American prairie mounds which occur more often in fields than in

clusters. Nor does the interior structure indicate a periglacial genesis. The mounds are interpreted as resulting from accumulations in glacier mills or other cavities in or on the ice. The occurrence of these forms near the ramification of major valleys or on isolated summits (Mount Falkfjellet) and thereby in areas with favourable prerequisites of stagnant or dynamically little active ice supports the interpretation. The interior structure and the composition of material with both sorted and unsorted material also support this theory. A rather thin cover of debris between the mounds has disappeared in the blockfield owing to postglacial frost sorting. The surrounding poorly developed ring ridge is interpreted as secondarily caused by solifluction, and so is the patterned ground (Fig. 4:13).

There are also accumulations of fines without any topographical indication. These are thought to be accumulations of aeolian material in connection with spring flows.

#### 7.4.7 Stourraskaidi - fossil periglacial mounds

The locality is situated about 70 km to the west of the Varanger Peninsula (Fig. 4:3). In this case almost circular mounds are formed, 50-60 m in diameter, up to 3 m in height and usually having a central depression. The bottom of the depression is stony, blocky and rises about 1 m above the surroundings. The mounds have been examined and described by Svensson (1964 c, 1969 a) and interpreted as an intermediate between palsas and pingos. They have been mentioned here in order to serve as a reference locality. Test pits in a mound without a central depression (bottom, Fig. 4:20), which is most similar to the landforms on the Varanger Peninsula, shows compressed till very clearly (Figs. 4:22, 4:23). A soil profile indicates stable conditions as do comparisons between photographs of 1964 (Svensson 1964 c) and photographs taken recently (Fig. 4:21).

The relatively limited amount of silt reduces the prerequisites of segregation ice and therefore injection ice must also have participated in the development of the landform.

#### 7.4.8 Rakaslako - recent periglacial mounds

Rakaslako is situated about 5 km west of Björkliden in

northern Sweden (Fig. 4:3). In a wet mire-overgrown depression circular water bodies, 10-12 m in diameter, 1-2 m in depth were found. They are called collapsed pingos and have been described by Rapp and Rudberg (1960), Rudberg (1962 a, b), Nordenstam (1963), Melander (1977) and Rapp (1983). Figure 4:24 shows a well developed water body in a typical position beside a mountain brook. The ridge, strongly affected by frost heaving, is about 1-1,5 m high. The material is unsorted and fine-grained, 20-30 per cent clay with permafrost (August 1982) at a depth of 45 cm. Figures 4:25 and 4:28 show a collapsed pingo with an almost developed central depression. A C14 dating of a peat horizon at a depth of 45 cm gave the age at  $2\ 670 \pm 50$  B.P. The dating of peat between 10 cm ice lenses in a small peat covered mound (Fig. 4:26, 4:30) gave  $8\ 040 \pm 50$  B.P. There are also ridges within the area with extinct or dying vegetation (Fig. 4:27) and small mounds (Fig. 4:24) with heavy frost structure.

#### 7.4.9 Discussion

In contrast to the previous it is a question of active landforms in this case. The nearest weather station is located in Abisko at a lower altitude. Its position in a thaw-freeze diagram is evident from Figure 4:29. The method can only be used at a snow-depth of below 50 cm. Information regarding this is missing in the case of Rakaslako and therefore certain amount of caution is recommended when interpreting the diagram. The location of landforms and the macromorphology of the locality indicate the existence of injection ice and so does the existence of water under pressure when digging test pits. This type of ice, however, has not been found in the limited investigations hitherto undertaken and therefore the landforms are interpreted in the following way. The large landform (Figs. 4:24, 4:25) is interpreted as an intermediate form between pingo and palsa developed in mineral soil and of the same type as described from Corgosjokka (Svensson 1969) and Taavavuoma (Wramner 1972) ( Figure 4:3). The somewhat smaller peat-covered mounds (Figs. 4:26, 4:30) are interpreted as palsas developed in mineral soil, if we utilize a palsa definition founded on the existence of a peat cover instead of on a type of ice. The smaller mounds (Figs. 4:24, 4:27) are supposed to be short-lived frost blisters. The landforms

are largely in a climatological equilibrium. Indications exist that show that degeneration forms dominate in the larger type.

#### 7.4.10 Conclusions

The investigations give the following answers to the questions about the mounds on the Varanger Peninsula asked in the introduction:

1. The landforms are not only typical of the Varanger Peninsula.
2. The landforms have no genesis in common but it differs both between the regions and within the areas.
3. The landforms of the Varanger Peninsula can not be used as climatic indicators. But in general they point to deglaciation.
4. The landforms examined on the peninsula are glaciogenic by origin and therefore they can be utilized in a discussion about the deglaciation.

The landforms within the closely examined areas are of a different character and are interpreted in different ways, see the previous sections.

#### 7.5 Ice marginal features - position, age and relation to the block fields

##### 7.5.1 Introduction, background and main purpose

Because of its peripheral position in Scandinavia and in the Weichselian ice, the Varanger Peninsula is an interesting area for glacial-morphological research regarding the maximum ice extension and the initial stages of the deglaciation. The fact that the area is covered with extensive block fields and that certain parts within the investigation area are characterized as possible glacial refuge areas (Chapter 3) support the above statement.

It is the purpose of this study (Chapter 5) to survey and document ice marginal deposits identifiable within the peninsula and furthermore to relate them to other glacial and glaciofluvial features and try to date them absolutely. This task should be seen against the background of one overall question which may be expressed as follows (Chapter



3.4): What was the state of the block fields during the last glaciation and the deglaciation? Concerning the use of age specifications, see Chapter 1.1.

#### 7.5.2 Previous works

The first discovery of ice marginal deposits within the Varanger Peninsula can be dated back to 1917 (Holtedahll 1929, p. 12). Since then a number of glacial-morphological studies have been carried out within the investigation area.

The access to air photos of the whole peninsula in 1970 had as a consequence a break-through for geomorphological studies in general and glacial-morphological studies in particular, and most of the ice marginal deposits known today were discovered then (Svensson 1971).

The ice marginal deposits situated on the south coast of the Varangerfjorden and described, among others, by Tanner (1906 and 1907) are by Marthinussen (1961) correlated with the Main sub-stage (Hovedtrinnet) which is also clearly defined in southern Norway, Sweden and Finland (Fig. 5:1). Within the moraine systems older and younger systems can be discerned (Fig. 5:1 b) so that the time of formation lies within the time interval 10150-12500 B.P. In the northernmost parts of the peninsula nearest to the coast at least two generations of marginal moraines exist and part of them are submarine. On the basis of shore line studies the Straumen moraine (Kongsfjorden, the geomorphological map, Appendix and Fig. 5:1 b) is correlated with (Sollid et al. 1973 and Andersen 1979) the Outer Porsanger sub-stage (Fig. 5:1 b) with an assumed age of ca 14 000 B.P. Comprehensive shore line studies have been carried out on the Varanger Peninsula by among others Tanner (1906, 1907 and 1930), Marthinussen (1945, 1960, 1961 a and b and 1974), Sollid et al. (1973) and Donner (1977). The submarine marginal moraines outside the fjords on the north coast (Figs. 5:1 b and 5:2) have an assumed age of ca 15 000 years. The two last mentioned datings are not based on absolute datings.

From the above paragraph it is evident that the deglaciation of the Varanger Peninsula took place within the period 12 500-15 000 B.P., which means on the whole that the main ice left the peninsula during the last part of the Middle Weichselian and the earliest part of Bölling (Chapter 1.1).

Three models (Fig. 5:2 a, b and c) of the deglaciation of the Varanger Peninsula have been constructed by Sollid et al. (1973), Marthinussen (1974) and Andersen (1979).

### 7.5.3 Investigations carried out by the present authors

The ice marginal moraines have primarily been mapped on the basis of air photos in connection with the geomorphological mapping where other glacial and glaciofluvial features are also included (Chapter 2.8-10). The results from the air photo interpretation have been checked in the field and test pits have been excavated with following analysis and sampling for later laboratory analyses. Results are presented, except for the geomorphological map (Appendix), in Figures 5:3-5 and 5:9.

In connection with the mapping of the moraine ridges, several ridges have been plotted in the inner parts of the northern fjords, inside Vardö and in the inner parts of the Varangerfjorden (geomorphological map, Appendix and Fig. 5:3). Regarding the latter, echo sounding has been undertaken in order to obtain information about the submarine relief in connection with the moraine ridges. The results are presented in Figures 5:14-15.

No absolute datings of the ice marginal deposits and deglaciation of the Varanger Peninsula have been made previously, but the above age specifications are based on shore line chronology (Chapter 5.2). In connection with the field work in this investigation, peat samples and samples of organic lake sediment have been collected for C14 datings and pollenanalyses. In addition, mollusc shells have been found in a moraine ridge near the shore. The mollusc shells have been C14 dated. The results are shown in Figures 5:3, 5:9, and 5:16-17).

The ice margin moraines investigated (Figs. 5:3-5) consist of unsorted material, in most cases sandy, gravelly till. Exceptions are certain horizons in the moraine ridges (Fig. 5:9) below the highest shore line. As a comparison it can be mentioned that the material in the eskers shown on the geomorphological map (Appendix) is always sorted, in some case incompletely sorted (Fig. 5:5 e).

In all cases measurements of stone orientation point to frequently represented directions across, or almost across the moraine ridges (Fig. 5:3). The orientations are interpreted as directions of ice movement, except for loca-

lity II/4 (Fig. 5:3), where mass movements have affected the orientation of the elongated stones.

Within the Varanger Peninsula indicator block analysis cannot result in any accurate indications of directions of ice movement because of the complex composition of the bedrock (Chapter 1.3 and Figs. 1:3-4) and only crystalline rocks of the Baltic shield are classified as erratic material. This bedrock is found only on the south side of the Varangerfjorden.

The ice marginal moraines examined show all the way through an asymmetric cross profile with a steeper slope, ca 35° dip, and a flatter one, ca 25° dip. The steeper slope is interpreted as the proximal side and the flatter one as the distal side. In most cases the proximal sides face the west or south and indicate ice movements from these directions.

The ice marginal moraine in the valley of the river Al'ljavaejjåkkå, the Al'ljavaej moraines, ca thirteen kilometers north-east of Varangerbotn (geomorphological map, Appendix and Fig. 5:3) is, except for the Straumen moraine (geomorphological map), the largest ice marginal moraine on the Varanger Peninsula developed as a terminal moraine (Fig. 5:6). The terminal moraine in the valley of the river Vargelva, ca eighteen kilometers north-west of Vadsö (geomorphological map, Appendix and Fig. 5:3), is the most well-developed terminal moraine on the peninsula (Fig. 5:12). The marginal moraines between the river Komagelva and the lake Oksevatnet, the Vardö moraines, are the most continuous on the peninsula and they can be traced along a distance of ca twenty-five kilometers (Figs. 5:13 and 5:18).

The echo-soundings have shown that the moraine ridges in connection with the Meskfjorden (Figs. 5:7-8) and Mortensnes (Fig. 5:10) can be traced on the sea floor (Figs. 5:14-15). The stratigraphy of the moraine ridge at Angsnes, the Angsnes moraine (Figs. 5:8-9), is interpreted on the basis of, among other things, the number of erratics in such a way that the lowest till, a hard lodgement till, was primarily deposited by a southerly ice stream, while the upper horizons were formed by a westerly ice stream. The above moraine ridges at the Meskfjorden and Mortensnes are interpreted as end moraines formed in connection with an ice cliff by a westerly ice stream during the deglaciation. Such submarine ridges are not found at a depth exceeding ca forty metres, nor further out in the fjord.

*Striae and roches moutonnées* are preferably found inside, that is south of, the large ice marginal deposits on the southern Varanger Peninsula, less frequently along the north coast and in exceptional cases within the central parts of the peninsula (geomorphological map, Appendix and Fig. 5:3). The observed *roches moutonnées* have not been frost shattered. The reason for the small number of observations of glacial erosion within the central parts of the peninsula can be interpreted in three ways:

1. The area is comparatively unexplored
2. Glacial erosion has only occurred to a very small extent
3. Weathering processes have removed the major part of the glacial erosion, if any

The first interpretation is rejected, while the other two are considered reasonable when combined with each other. A thin ice sheet has probably an insignificant geomorphological effect on the substratum and leaves few glacial erosional traces behind. A thin ice sheet also causes early deglaciation of the ground surface giving more time for periglacial processes to work.

Features that indicate considerable glaciofluvial activity were found, such as glacier-margin stream channels in connection with mountain peaks and block fields, above all in the south-western part of the peninsula, that is in connection with the parts of the peninsula where the greatest concentration of marginal moraines has been noted (geomorphological map and Fig. 5:3). Apart from the fact that the lateral drainage channels indicate the position of the ice margin, they also show important transport channels for fines out and away from the present block field areas. Observations of uncovered bedrock in the channels showed that it was shattered, which indicates active weathering processes after the formation of the channels in connection with the deglaciation.

The datings from the four bogs of the lowest peat (Fig. 5:16) taken from the transition zone to the underlying mineral soil only show that the peat formation within the Varanger Peninsula started in Atlantic time (the *Hypsithermal*). The results of the datings are supported by the results of other authors. Peat dating cannot be used as a method of absolute dating in the case of the deglaciation of the area.

When dating the lake sediments, two of the four lakes,



examined by the authors, Bergebyvatnet and Östervatnet gave too high an age in relation to the expected biostratigraphic ages. This can be due to the effect of hard water (Prentice 1981 and 1982). Pollen analyses were carried out by Prentice (1981 and 1982). Description of cores and dating are evident from Figure 5:17. The oldest dates specified (Fig. 5:3) are extrapolated ages (Prentice, verbal information) and suggest probable ages of the onset of organic sedimentation.

Of the seven lakes examined, two, Bruvatnet (Hyvärinen 1975 and 1976) and Östervatnet (Fig. 5:3), can be said to reflect the deglaciation directly in the sense that the oldest dated lake sediments gave ages that acceptably agree with results from an other method. Even if the results of dating from the other lakes are not directly considered to reflect the melting of the main ice, they give hints of local conditions and together with other datings they contribute to produce an overall view of the deglaciation conditions. The experiments regarding lake sediment dating in the area also suggested that datings should not be made on C14 datings only but should be completed with pollen analysis.

The three mollusc shell datings (Figs. 5:3 and 5:9 did not agree with other datings of the ice recession in the area. The datings are too young.

#### 7.5.4 Conclusions

On the basis of previous investigations and the ones presented here, the following summary can be made concerning glaciation, deglaciation and relation to the block fields:

1. During the initial stages of the glaciation, the ice stream was southerly becoming westerly later on.
2. Even during the maximum stages of the glaciation the ice sheet on the highest altitudes of the peninsula was thin and had an insignificant geomorphological effect on the substratum.
3. The whole of the peninsula was glaciated during the maximum stage, but not necessarily over the whole area simultaneously.
4. When comparing the three deglaciation models (Fig. 5:2), that of Andersen (1979) seems to be the one, with which the present investigations are most consistent, but with further contributions from Sollid

*et al.* (1973).

5. Because of the numerous ice marginal moraines within the south-western parts of the Varanger Peninsula, there is reason for taking into account the possibility of one more sub-stage between the Outer Forsanger sub-stage and the Repparfjord sub-stage. This is suggested in Andersen's (1979) model (Fig. 5:2 c).
6. There are no obvious indications of any comprehensive local glaciation.
7. The presented datings of lake sediments agree well with the deglaciation models (Fig. 5:2) of Sollid *et al.* (1973) and Andersen (1979).
8. The block field areas, whether allochthonous or polygenic (Chapter 3), were deglaciated at an early stage and their present-day extension reflects both glaciation and deglaciation.
9. Regarding the statement in paragraph 7, this does not exclude the fact that block fields were established in preglacial time, on the contrary this is considered to be reasonable.

## 7.6 Discussion of the results

### 7.6.1 Background

Previously certain fundamental features in the geomorphology of the Varanger Peninsula were treated one by one starting from the geomorphological map. For the preparation of this map different measures were taken in order to improve and make the production cheaper. The block fields were partly located with the aid of Landsat material, the transfer of the information into the base map took place in a more unusual way, the finishing drawing was done on the printing scale on only two plastic overlays and the printing was done in four-colour printing. The reproduction of the macromorphology was completed with a computer-drawn orthographical map.

Block fields have been found to have both autochthonous and polygenic genesis. There are indications that the blockfields are partly preglacial. Mounds of debris have been investigated and been found to be of glaciogenic origin but without a uniform genesis. A concentration of marginal deposit is found in the south-western part of the peninsula, These landforms were deposited in the early Bölling.

## 7.6.2 Fundamental features in the geomorphology of the Varanger Peninsula

### 7.6.2.1 The relation of the block fields to mounds of debris

The majority of the mounds are concentrated on the block fields and consequently in that case to the ones of polygenic origin. It has not been possible to follow the mantle of the block fields inwards below the mounds, whereas, in certain cases, structures in mounds have been followed down into the block fields (Figure 4:18). This is interpreted in such a way that the block fields were not fully developed at the time of the build-up of the mounds which means that the block fields are postglacial.

The polygenic origin of the block fields implies that they consist of both local weathering material and till, whereas the mounds consists of till and glaciofluvium. This condition is also reflected by the amount of erratic material, which is slightly smaller compared with the mounds. The glaciogenic material in the mounds and the block fields is on the whole of the same age. The frost-sorting processes that in Late Weichselian and Early Flandrian times modelled the mantle of the block fields have also affected the mounds but not with the same effect since mounds contain a smaller portion of blocks compared with the block fields and as the mounds, being positive forms, have been drier than the surroundings. The material that has frozen up on the mounds has, by means of gravity, been transported down to the peripheral parts of the mounds.

### 7.6.2.2 The relation of the block fields to marginal deposits

The block fields are in general situated north of, that is outside the large concentration of marginal deposits within the south-western parts of the Varanger Peninsula. The north-eastern parts of the peninsula, at least the more elevated parts, were deglaciated about 1 500 years before the south-western ones, which have given periglacial weathering and sorting processes an equally great advantage in time. Observations of free-washed but cracked bedrock in the ice margin and gush channels indicate that weathering processes have taken place after the development of the channels in connection with the deglaciation.

If the deglaciation of the peninsula is known, considerable parts of the formation of the blockfields can be dated back to the period 8 000-14 000 B.P., that is to the latest part of the Middle Weichselian, Late Weichselian and Early Flandrian and most intensively at the beginning of the period.

#### 7.6.2.3 Relation of debris mounds to the marginal deposits

The mounds observed outside block fields are generally situated close to large marginal deposits and as far as the closely investigated landforms at Maddavarri are concerned it is clear that they are mainly made up of eskers and marginal formations.

The mounds outside the block fields are in most cases formations near the ice margin and in this way they can be linked with the deglaciation. The mounds within the block fields are, like the block fields, situated north of, that is outside the large concentration of marginal deposits of southwestern Varanger Peninsula. These mounds can also be linked with the deglaciation since they were deposited in connection with the retreat of the ice.

#### 7.6.2.4 Distribution of erratic material and its relation to block fields, mounds of debris and marginal deposits.

Obvious difficulties arise when it is a question of drawing any farfetching conclusions on the basis of erratic, because only crystalline rocks are classified as erratic and are to be found in solid rock only south of the Varanger Fjord. The content of erratic material in different landforms is evident from Figures 3:45 and 4:18.

In general it can be noted that the content of erratics decreases from south to north. The number of erratic blocks is fewer within the areas of block fields compared with till and glaciofluvium. This may be explained as follows. The content of alien material is higher in valleys and low-areas than in more elevated areas. Besides that the total share of erratics is less in the block fields due to a greater share of local weathering material.

The proportion of erratics in the debris mounds on Base-Baerø is somewhat larger than that in the surrounding



block fields which is considered as support for the polygenic origin of the block fields. Against this can be said that there is no difference in the amount of alien material in block fields with fines as compared with block fields lacking fines. A content of erratics, however, within the block fields is generally so small that it does not give any response when the erratic blocks are counted. Therefore no conclusions based on the content of erratics should be drawn in comparisons between autochthonous and polygenic block fields.

#### 7.6.2.5 The distribution of glacial erosion and its relation to block fields, mounds of debris and marginal deposits

The observed glacial erosion is evident from Figure 3:21 and is dealt with in Chapters 3.4.3.5 and 5.3.4.2.

Different rocks offer different prerequisites for glacial erosion and above all for the formation of roches moutonnées. Quartzites and quartzitic sandstones which are comparatively widespread on the Varanger Peninsula (Fig. 1:4) have good prerequisites for the formation of roches motounées. Despite this it is difficult to discover a clear connection between the distribution of these rocks and observations of glacial erosion within the study area. The distribution area of the glacial erosion shows the regions where the ice sheet was thickest. These areas are found south of the large marginal deposits on the southern Varanger Peninsula, and, to a smaller extent, in the neighbourhood of the openings of the large valleys on the north coast. With a few exceptions, glacial erosion is absent in the block fields and on the mounds of debris located there.

#### 7.6.3 Conclusions

1. The entire Varanger Peninsula was sometime during the Weichselian maximum stage covered with ice (glacial erosion and particular erratics can be seen all over the peninsula, although infrequent here and there, a typical nunatakk sculpture is missing). Geomorphological evidence indicating simultaneous total glaciation is missing. The areas which today are made up of block fields were at that time covered with thin, more and less stagnant ice

(very few examples of glacial erosion, a very limited quantity of erratic material, mounds of debris, weathering remnants).

- . The most elevated parts of the Varanger Peninsula were deglaciated relatively early, possible already about 14 000 B.P., that is the latter part of the Middle Weichelian time. This early deglaciation has furthered the autochthonous formation of block fields, in optimum conditions, within these areas (block fields built up of huge blocks and without fines that are also without mounds of debris). Weathering remnants also indicate preglacial formation of block fields, which have survived below a thin inactive ice.
3. During about 1 000 years, about 13 000-14 000 B.P., that is during the latter part of the Middle Weichselian time, the main part of the plateau of the Varanger Peninsula was deglaciated, whereas ice still remained in the valleys and over large parts of the south-western peninsula. During this period mounds of debris were deposited in connection with the ice melting, after which frost sorting processes picked out the polygenic block fields, out of which mounds of debris rose above the terrain. The polygenic block fields have received their present configuration mainly during the Late Weichselian and Early Flandrian time, over about 4 000 years. The mounds of debris are consequently just slightly older than the block fields where they were located.
4. The main ice left most of the peninsula about 12 000 B.P., that is at the end of Bölling. Ice masses were still left in the major valleys at this time.
5. The recent sculpture of the landscape of the Varanger Peninsula on the whole reflects the glaciation and deglaciation of the peninsula at the periphery within the area of Weichelian ice. That description, however, is deranged by fluviatilly V-shaped ravines and tor-like weathering remnants in the most elevated parts of the peninsula, which ought to be of preglacial origin.
6. The extension of the block fields seem to a great extent to coincide with the paleic surfaces. To a certain degree the macro geomorphology reflects the preglacial weathering.

## LITTERATUR

## Ofta använda förkortningar:

|                      |                                                         |
|----------------------|---------------------------------------------------------|
| Biul. Perygl.        | Biuletyn Peryglacjalny                                  |
| Geogr. Ann.          | Geografiska Annaler                                     |
| GFF                  | Geologiska föreningens i<br>Stockholm förhandlingar     |
| NGU                  | Norges geologiske under-<br>sökelse                     |
| Norsk Geogr. Tidskr. | Norsk Geografisk Tidsskrift                             |
| Norsk Geol. Tidskr.  | Norsk Geologisk Tidsskrift                              |
| SGU                  | Sveriges geologiska under-<br>sökning                   |
| SGÅ                  | Svensk geografisk årsbok                                |
| UNGI                 | Uppsala Universitet Natur-<br>geografiska Institutionen |

- AA, A.R. & J. MANGERUD. 1981: Glacialgeologi og vegetasjonsinnvandring i Indre Nordhordaland, Vest-Norge. *Norges Geol. Unders.* 369, s. 33-75. Oslo.
- AARIO, L. 1943: Über die Wald- und Klimaentwicklung an der Lappländischen Eismeerküste in Petsamo. *Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. 'Vanamo'*, 19:1, 158 s. Helsinki.
- AARTOLAHTI, T. 1974: Ring ridge hummocky moraines in northern Finland. *Fennia* 134. 22 s. Helsingfors.
- AARTOLAHTI, T. 1975: Two glacial mound fields in northern Savo, Finland. *Fennia* 139. 23 s. Helsingfors.
- AHLMANN, H. W:SON. 1919: *Geomorphological Studies in Norway*. Geogr. Ann. Bd 1. Stockholm.
- AHTI, T., L. HEMÄT-AHTI & J. JALAS 1968: Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. *Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. 'Vanamo'*, 5:3, s. 169-211. Helsinki.
- AMIRAN, D.H.K. & M. KARMON 1965: A new application of hypsographic colours in map reproduction. *Scripta Hierosolymitana*, s. 31-36. Publication of the Hebrew University, Jerusalem.
- ANDERSEN, B.G. 1968: Glacial geology of Western Troms. North Norway. NGU 256. 160 s. Oslo.
- ANDERSEN, B.G. 1979: The deglaciation of Norway 15,000 - 10,000 B.P. *Boreas*, vol. 8:2, s. 79-87. Oslo.
- ANDERSEN, B.G. 1980: The deglaciation of Norway after 10 000 B.P. *Boreas*, vol. 9:4, s. 211-216. Oslo.
- ANDREWS, J.T., P.D. DAVIS & C. WRIGHT. 1976: Little Ice Age permanent snowcover in the eastern Canadian Arctic: extent mapped from Landsat - 1 satellite imagery. *Geogr. Ann.* 58 A, s. 71-82. Stockholm.
- ANNAHEIM, H. 1945: Zur Frage der geomorphologischen Grundkarte der Schweizer Alpen. *Verhdl Schweiz Naturforsch.*
- ANNAHEIM, H. 1956 a: Zur Frage der geomorphologischen Kartierung. XVIII Congr. Intern. Geogr. II, s. 3-7.
- ANNAHEIM, H. 1956 b: Zur Frage der geomorphologischen Kartierung. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, s. 315-319. 100 Jahrgang. Leipzig.

- ASEYEV, A.A., N.S. BLAGOVOLIN, I.E. VEDENSKAYA, M.E. GORODETSKAYA, A.G. DOSKATCH & N.V. DUMITRASHKO 1976: Geomorphological map of the USSR on scale 1:2 500 000 /Basic principles on the legend construction/. *Studia Geographica* nr. 55, s. 19-21. Brno.
- ATLAS ÖVER FINLAND 1960: Geografiska Sällskapet i Finland. Geografiska institutionen, Helsingfors Universitet. Helsingfors.
- BANKS, N.L., M.B. EDWARDS, W.P. GEDDES, D.K. HOBDAY & H.G. READING 1971: Late Precambrian and Cambro-Ordovician sedimentation in East Finnmark. NGU 269, s. 197-236. Oslo.
- BARSCHE, D. & H. LIEDKE 1980 a: Geomorphologische Detailkartierung in der Bundesrepublik Deutschland. *Berliner Geographische Abhandlungen*, Heft 31, sid 7-12.
- BARSCHE, D. & H. LIEDKE 1980 b: Principles, scientific value and practical applicability of the geomorphological map of the Federal Republic of Germany at the scale of 1:25 000 (GMK 25) and 1:100 000 (GMK 100). *Zeitschrift für Geomorphologie N F. Supplementenband* 36, s. 296-313.
- BASHENINA, N.V. & N.S. BLAGOVOLIN et al. 1971: Legend to the international geomorphological map of Europe 1:2 500 000. 5th version Czechoslovak Academy of Sciences. Brno.
- BASHENINA, N.V. 1974: Legend of medium scale maps as basis for geomorphological mapping. *Studia Geographica* 41, s. 105-113. Brno.
- BASHENINA, N.V. 1975: O mezhdunarodnykh legende dlia kart krupnykh masshtabov s. 18-68 i Bashenina, N.V. (ed.) 1975. *Geomorfologicheskie kartografirovaniye v slemochnykh mashtabakh* Izdatelstvo moskovskogo universiteta. Moskva.
- BASHENINA, N.V. 1978: Techniques used in the Laboratory of Geomorphological Mapping/Moscow State University/ i Demek, J. & C. Embleton (ed.) 1978. *Guide to medium-scale geomorphological mapping*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- BECKINSALE, R.D., H.G. READING & D.C. REX 1975: Potassium-argon ages for basic dykes from East Finnmark: stratigraphical and structural implications. *Scott, J. Geol.* 12, (1), s. 51-65. Edinburgh. Scotland.
- BERGERON, T. 1943: Norges väderlek och klimat. Särtryck av kap. III ur H. Wison Ahlmann. Norge, Natur och näringsliv. 20 s. Kooperativa förbundets bokförlag 1943.
- BERGLUND, B. 1968: Vegetationsutvecklingen i Norden efter istiden. *Sveriges Natur, Årsbok*. s. 31-52. Stockholm.
- BERGLUND, B. 1979: Deglaciation of southern Sweden. *Boreas*, vol. 8:2, s. 89-117. Oslo.
- BERGSTEN, K.E. 1973: Some morphological features in the region of the Great Swedish Lakes, s. 134-139 i Svensson, K. Lidmar-Bergström, K.E. Bergsten, S. Behrens, S. Nordström, J.O. Mattsson, S. Lindqvist, L. Améen & N. Lewan 1973: *Experiences of ERTS - 1 imagery in geographical studies*. SGÅ 49, s. 117-170. Lund.
- BERGSTRÖM, E. 1959: Utgjorde Lofoten och Vesterålen ett refugium under sista istiden? *Svensk Naturvetenskap*, 12,



- s. 116-122. Statens Naturv. Forskningsråd. Årsbok 1959. Stockholm.
- BESKOW, G. 1935: Tjälbildningen och tjällyftningen med särskild hänsyn till vägar och järnvägar. SGU, Ser. C, n:o 375. Stockholm.
- BIK, M.J.J. 1969: The origin and age of the prairie mounds of southern Alberta. Biul.Perygl. no. 19, s. 85-130. Lodz.
- BILLINGS, W.D. 1974: Arctic and alpine vegetation: plant adaptations to cold summer climates, s. 403-444 i Ives, J.D. & Barry, R.G., (ed.) 1974. Arctic and alpine environments. Methuen. London.
- BJELM, L. 1976: Deglaciationen av småländska höglandet, speciellt med avseende på deglaciationsdynamik, ismaktighet och tidsställning. Avh. univ. Lund. Dept. Quat. Geol. 78 s. Lund.
- BJÖRLYKKE, K.O. 1913: Norges kvartaergeologi. NGU 65, 269 s. Kristiania.
- BJÖRLYKKE, K. 1973: The eocambrian "Reusch Moraine" at Bigganjargga and the geology around Varangerfjord; northern Norway. NGU 251, s. 18-44. Oslo 1973.
- BLAGOVOLIN, N.S. 1978: Basic content of medium-scale geomorphological maps, s. 48-51. I: Demek, J. & Embleton, C. (ed.) 1978. Guide to medium-scale geomorphological mapping, 348 s. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
- BLYTT, A. 1876 a: Forsög til en Theori om Indvandringen av Norges Flora. Nyt Mag. f. Naturvvid. 21, s. 279-362. Christiania.
- BLYTT, A. 1876 b: Immigration of the Norwegian Flora. Alb. Cammermeyer. Christiania.
- BLYTT, A. 1882: Die Theorie der Wechselnden kontinentalen und insularen Klimate. Bot. Jahrbuch, 2, s. 1-50.
- BLYTT, A. 1893: Zur Geschichte der Nordeuropäischen Flora. Bot. Jahrbuch 17, Beibl. Nr. 41, s. 1-43.
- BOBOV, N.G. 1960: Souremennoe obra zovanic mnogoletnih bugrov pushchenija na Leno-Viljujskom meshdurech'e, s. 64-68. Izvestija Akademii nauk SSSR. Serija geograficheskaja 5.
- BOESCH, H. 1945: Morphologische Karten. Der Schweizer Geograph. s. 55-65. Bern.
- BORGSTRÖM, I. 1979: Geomorfologiska kartbladet 19 C Storlien. - Beskrivning och naturvårdesbedömning. SNV PM 1144, 58 s. Statens naturvårdsverk. Solna.
- BORISEVICH, D.V. & A.I. Spiridovonow 1976: The unified legend for geomorphological maps. Studia Geographica 55, s. 31-34. Brno.
- BORNHAUSSER, G. 1950: Morphologische Untersuchung des Gemeindeareals von Klosters. Bern.
- BRAUN, G. 1925: Einige Beobachtungen zur Morphologie von Finnmarken und Lappland. Die Naturwissenschaften 13.
- BRAUN, G. 1928: Das Nordende des Kjölen (Ergebnisse von Lapplandreisen). Forschungen und Fortschritte 4,2.
- BRAUN, G. 1935: Studien am Kjöl. Die Piedmonttreppe - Überblick über das Gebirge, s. 228-241. Geogr. Ann. 17. Stockholm.

- BRINK, A.B.A., J.A. MABUTT, R. WEBSTER, & P.H.T. BECKETT 1965: Report of the working group on land classification and data storage, 97 s. Min. Defence Mil Eng Exptl Establ christchurch Hampshire Rept 940.
- BRUNSDEN, D. 1979: Weathering, s. 73-129 i Embleton, C & Thornes, J., (ed.) 1979. Process in geomorphology, 436 s. Edward Arnold. London.
- BLOOM, A.L. 1969: The surface of the Earth, 152 s. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- BULLA, B. & PECSI, M. 1963: Die geomorphologische Übersichtskarte Ungarns, s. 33-37. Prace Geogr. Probl. of Geom. Mapping. No 46.
- BÜDEL, J. 1948: Die klima-morphologischen Zonen der Polarländer. Erdkunde 2, 1/3, s. 22-53. Bonn.
- BÜDEL, J. 1977: Klima-Geomorphologie, 304 s. Gebrüder Borntraeger. Berlin.
- BÜDEL, J. 1981: Klima-Geomorphologie. Stuttgart.
- BÖGLI, A. 1947: Die Exkursion ins Gebiet des Glattalp 1946. Geogr. Helvetica, s. 141-143.
- CAINE, N. 1968: The blockfields of northeastern Tasmania. Research School of Pacific Studies. Dept. of Geography Publication G/6 (1968). 127 s. Canberra.
- CAINE, N. 1972: Air photo analysis of blockfield fabrics in Talus Valley, Tasmania. Jour. Sedim. Petrol. 42, s. 33-48.
- CAINE, N. 1974: The geomorphic processes of the alpine environment, s. 721-748 i Ives, J.D. & Barry, R.G. (ed.) 1974. Arctic and Alpine Environments. 999 s. Methuen. London.
- CAINE, N. 1983: The mountains of northeastern Tasmania. 200 s. Balkema. Rotterdam.
- CANOBA, C.A. 1982: Geomorphological mapping using Landsat imagery: a case study in Argentina, s. 324-329. ITC-Journal nr. 3, Enschede, Holland.
- CHAMBERS, M.J.G. 1967: Investigations of patterned ground at Signy Island, South Orkney Islands: III. Miniature patterns, frost heaving and general conclusions, s. 1-22. Bull. British Antarctic Survey. 12.
- CHORLEY, R.J. 1969: The role of water in rock disintegration, s. 53-73 i Chorley, R.J. (ed.) 1969. Introduction to fluvial processes, 218 s. Methuen. London.
- CHRISTIAN, C.S. & G.A. STEWART 1953: General report of survey of the Katherine-Darwin region 1946. CSIRO Aust. Land Res. Ser. No. 1.
- CHURKIN, M.Jr. 1973: Geologic concepts of Arctic Ocean Basin, s. 485-499 i Pitcher, M.G. (ed.) 1973. Arctic Geology. Am. Assoc. of Petrol. Geol. Tulsa. Oklahoma.
- COOKE, R.U. & J.C. DOORNKAMP 1974: Geomorphology in environmental management, 413 s. Clarendon Press. Oxford.
- COOK, F.A. & V.G. RAICHE, V.G. 1962: Freeze-thaw cycles at Rolute, N.W.T., s. 64-78. Geogr. Bull. 18. Ottawa.
- CORNER, R. 1975: The Tana valley terraces. A study of the morphology and sedimentology of the lower Tana Valley terraces between Mansholmen and Maskejokka, Finnmark, Norway. UNGI Rapport 38. 283 s. Uppsala.
- CORTE, A.E. 1966: Particle sorting by repeated freezing and

- thawing. *Biul. Perygl.* 15, s. 175-240. Lodz.
- CROWELL, J.C. 1963: Climatic significance of sedimentary deposits containing dispersed megaclasts. s. 86-99 i Nairn, A.E.M. (ed.) 1963. *Problems in Palaeoclimatology*. Interscience Publ. Wiley and Sons. London.
- CURTIS, C.D. 1976: Chemistry of rock weathering: fundamental reactions and controls, s. 25-57 i Derbyshire, E. (ed.) 1976. *Geomorphology and Climate*. 512 s. John Wiley & Sons. London.
- DAHL, E. 1949: Studier over forvitringstyper i strøket Nordfjord-Sunnmør, og deres relasjon til istidene. *Norsk Geol. Tidskr.* Bd 27-28, s. 242-244. Oslo.
- DAHL, E. 1955: Biogeographic and geologic indications of unglaciated areas in Scandinavia during the glacial ages. *Bull. of the Geol. Soc. of Am.* Vol. 66, s. 1499-1520.
- DAHL, E. 1961: Refugieproblemet og de kvartærgeologiske metodene. *Svensk Naturvetenskap* 14, s. 81-96. Statens Naturv. Forskningsråd. Stockholm.
- DAHL, O. 1934: Floraen i Finnmark fylke. *Nyt Mag. f. Naturvid.* 69. 430 s. Oslo.
- DAHL, R. 1963: Shifting ice culmination, alternating ice covering and ambulant refuge organisms? *Geogr. Ann.* XLV, 2-3, s. 122-138. Stockholm.
- DAHL, R. 1966: Blockfields, weathering pits and tor-like forms in the Narvik mountains, Nordland, Norway. *Geogr. Ann.* 48 A, 2, s. 55-85. Stockholm.
- DAHL, R. 1972: The Question of Glacial Survival in Western Scandinavia in Relation to the Modern View of the Late Quaternary Climate History, s. 45-49 i Dahl, E., J.-O. Strömberg, & O.G. TANDBERG (ed.) 1972. *The Norwegian Sea Region its Hydrography, Glacial and biological History*. Symposierapport. Ambio nr 2. Spec. Rep. Royal Swedish Academy of Sciences/Universitetsforlaget. Stockholm/Oslo.
- DAHL, T. 1868: Om Finnmarkens geologi. *Vidensk. forh.* 1867, s. 213-222. Christiania.
- DAVIS, W.M. 1899. *The geographical cycle*. *Geogr. Journ.* Vol. 14, s. 481-504. London.
- DEMEK, J. 1963: Gegenwärtiger stand der geomorphologischen Kartierung in der Tschechoslowakei, s. 39-45 i *Problems of geomorphological mapping* Geographical Studies, No. 46. Warszawa 1963.
- DEMEK, J. (ed.) 1967: Progress made in geomorphological mapping. 435 s. Institute of Geography, Czechoslovak Academy of Sciences, Brno.
- DEMEK, J. (ed.) 1972: Manual of detailed geomorphological mapping. 344 s. Czechoslovak Academy of Science. Academia. Prag.
- DEMEK, J. 1976 a: Geomorphological mapping: progress and problems, s. 112-121. *Geografický Časopis* 28, 1976, 2.
- DEMEK, J. 1976 b: Geomorphological Mapping: Progress and problems, s. 35-49. *Studia Geographica* 55, Brno.
- DEMEK, J. & C. EMBLETON (ed.) 1978: Guide to medium-scale geomorphological mapping. 348 s. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- DICKERSON, R.E. & J. GEIS 1976: Chemistry, matter, and the universe. 669 s. W.A. Benjamin, Inc. Menlo Park, California.

- DONNER, J., M. ERONEN & H. JUNGNER 1977: The dating of the Holocene relative sealevel changes in Finnmark, North Norway. *Norsk Geol. Tidskr. Bd 31. Hefte 3*, s. 103-128. Oslo.
- DORSSER, H.J. van & A.I. SALOME 1973: Different methods of detailed geomorphological mapping, s. 71-74. *KNAG Geografisch Tijdschrift*. Amsterdam.
- DORSSER, H.J. van & A.I. SALOME 1974: Two methods of detailed geomorphological mapping, s. 467-468. *Geografisch Tijdschrift VIII*, nr. 5.
- DUNN, J.R. & HUDEC, P.P. 1965: The influence of clays on water and ice in rock pores, part II. *Dep. Geol. Rensselaer Polytechnic Inst., Contr.*, 65-8. 149 s.
- DUMITRASHKO, N.V. & E. SCHOLZ 1978: Classification of geomorphological maps according to scale. s. 40 i Demek, J. & C. Embleton (ed.) 1978: *Guide to medium-scale geomorphological mapping*. 348 s. E. Schweizerbart'sche Verlagbuchhandlung. Stuttgart.
- DYLIK, J. 1963: Traces of thermokarst in the Pleistocene sediments of Poland. *Bull. des Soc. des Sci et des Letr de Lodz. Vol. XIV*. 2.
- EAKIN, H.M. 1916: The Yukon-Koyukuk region, Alaska. 88 s. *US Geol. Survey. Bull.* 631.
- EDWARDS, M.B. 1972: Glacial, interglacial and postglacial sedimentation in a Late Precambrian shelf environment, Finnmark, North Norway. *Avh. Oxford University*.
- EDWARDS, M.B. 1975: Glacial retreat sedimentation in the Smalfjord Formation, Late Precambrian, North Norway. *Sedimentology* 22, s. 75-94. Blackwell scientific Publications Ltd. Oxford.
- EDWARDS, M.B. 1979: Late Precambrian glacial loessites from North Norway and Svalbard. *Journ. Sediment. Petrol.* 49, s. 85-92.
- EKMAN, S. 1957: Die Gewässer des Abisko-Gebietes und ihre Bedingungen. *Kungl. Sv. Vet. Akad. Handl. Ser. 4*, 6.
- ELFSTRAND, M. 1927: Var hafva fanerogama växter öferlefvat sista istiden i Skandinavien. *Svensk Bot. Tidskr. Bd. 21*. Stockholm.
- ELVHAGE, CH. 1979: Kartografiska metoder för terrängåtergivning i svenska landskapstyper, s. 145-155. *Ymer*. Stockholm.
- ELVHAGE, CH. 1983: Terrängåtergivning. En serie svenska experimentkartor. 147 s. *UNGI. Rapport nr 59*. Uppsala.
- EMBLETON, C. & A.M. KING 1971: Glacial and Periglacial Geomorphology. 608 s. Edward Arnold. Edinburgh.
- EMBLETON, C. & J. THORNES (ed.) 1979: Processes in Geomorphology. 436 s. Edward Arnold. London.
- EMBLETON, C. & J. THORNES 1979: Sub-surface processes, s. 187-212 i Embleton, C. & J. THORNES (ed) 1979: *Process in Geomorphology*. 436 s. Edward Arnold. London.
- EMMONS, W.H., J.S. ALLISON, C.R. STAUFFER & G.A. THIEL 1960: *Geology: Principles and Processes*. 491 s. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York.
- ERDTMAN, G. 1959: De kvartära klimatcyklerna och övervintningshypotesen. *Svensk Naturvetenskap*, 12. *Statens Naturv. Forskningsråd. Årsbok 1959*, s. 135-138. Stockholm.



- FAIRBRIDGE, R.W. (ed.) 1968: The encyclopedia of geomorphology. Encyclopedia of earth sciences series, Vol. III. Reinhold Book Corporation. New York.
- FEZER, F. 1953: Schuttmassen, Blockdecken und Talformen im nördlichen Schwarzwald. Geogr. Avh. Vol. 14, s. 45-77. Göttingen.
- FLEMAL, R.C., K.L. HINKLEY & J.L. HESLER 1973: The DeKalb Mounds; A possible Pleistocene (Woodfordian) pingo field in north central Illinois, s. 229-250. Geol. Soc. of Am. Memoir 136.
- FLEMAL, R.C. 1976: Pingos and Pingo Scars: Their Characteristics, Distribution and Utility in Reconstructing Former Permafrost Environments, s. 37-53. Quart. Res. Bd 6. Nr 1. Washington.
- FLINT, R.F. 1971: Glacial and Quaternary Geology. 892 s. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- FLOCK, J.W. 1978: Lichen-Bryophyte distribution along a snow-cover-soil-moisture gradient, Niwot Ridge, Colorado. Arctic and Alpine Res. Vol. 10, no. 3, s. 31-47. Colorado.
- FLYGBILDSTEKNIK OCH FJÄRRANALYS. 468 s. Nämnden för skoglig flygbildsteknik, Gävle.
- FOGELBERG, P. 1977: Representation of relief types in geomorphological mapping of a glaciated shield area (Finland) s. 49-56. Fennia 151, Helsingfors.
- FOGELBERG, P. & M. SEPPÄLÄ 1979: Geomorfologisk generalkarta. Atlas över Finland, 122 Ytformer, geomorfologi. Helsingfors.
- FOLLESTAD, B.A. 1980: Ekkerøy, kvartaergeologisk kart 2435 II-1:50 000. NGU. Trondheim.
- FOLLESTAD, B.A. 1982: Ekkerøy. Beskrivelse til kvartaergeologisk kart 2435 II. M. 1:50 000 (med fargetrykt kart). NGU 372. Oslo.
- FRENCH, H.M. 1971: Ice-cored mounds and patterned ground, southern Banks Island, Western Canadian Arctic, s. 32-39. Geogr. Ann. Bd 53 A, H 1. Stockholm.
- FRENCH, H.M. 1976: The Periglacial Environment. 309 s. Longman. London.
- FRENCH, H.M. & L. DUTKIEWCZ 1976: Pingos and pingo-like forms, Banks Island, Western Canadian arctic, s. 211-222. Biul. Perygl. nr 26. Lodz.
- FRÄNZLE, O., D. BARSCHE, H. LESER, H. LIEDTKE & G. STÄBELEIN 1979: Legenden entwurf für die geomorphologische Karte 1:100 000 GMK 100, s. 1-18. Heidelberg Geogr. Arbeiten. Heft 65. Heidelberg.
- FAEGRI, K., O. GJAEREVOLL, J. LID & R. NORDHAGEN 1960: Maps of distribution of Norwegian plants. Univ. i Bergen. Skrifter. Nr 26. 134 s. + kartor. Oslo Univ. Press.
- FÖYN, S. & S. SIEDLECKI 1980: Glacial Stadials and Interstadials of the Late Precambrian Smalfjord Tillite on Laksefjordvidda, Finnmark, North Norway. NGU 358, s. 31-45. Oslo.
- GALON, R. 1963: Geomorphological map of Polish Lowland on 1/50 000 scale, s. 47-50. Prace Geogr. Problems of Geom. Mapping no. 46. Warszawa.

- GAYER, R.A. 1973: Caledonian Geology of Arctic Norway, s. 453-468 i Pitcher, M.G. (ed.) 1973: Arctic Geology. Am. Assoc. of Petrol. Geol. Tulsa. Oklahoma.
- DE GEER, S. 1910: Karta öfver mellersta Sveriges landformer. SGU, ser. Ba, nr 7. Stockholm.
- DE GEER, S. 1913: Beskrivning till översiktskarta över södra Sveriges landformer. 24 s. SGU, ser. Ba nr 9. Stockholm.
- GEHNE, H. 1912 a: Eine neue methode geomorphologischer Kartendarstellung, s. 72-73. Petermann Geogr. Mitt. Aug. heft. Gotha.
- GEHNE, H. 1912 b: Geomorphologische Karte der Umgebung von Thale, nach einer neuen Methode auf Grund eigener Begehungen dargestellt. Mitt. d. Sächs.-Thüring. Vereins f. Erdk. zu Malle II.
- GELLERT, J. & E. SCHOLZ 1964: Comparing the Contents of Detailed Geomorphological Maps from Various European Countries, s. 30 i Hamilton, F.E.I. (ed.) Abstracts of Papers, 20th Internal Geographical Congress. London.
- GELLERT, J. & E. SCHOLZ 1967: Comparison of the content and the conventional signs of detail and general maps of some European countries, s. 193-204 i Demek, J. 1967 (ed.): Progress made in geomorphological mapping. Institute of Geography. Czechoslovak Academy of Sciences. Brno.
- GELLERT, J.F. 1968: Das System der Komplex-geomorfologischen Karten, s. 185-190. Petermann. Geogr. Mitt. 112. Gotha.
- GERASIMOV, I.P. 1960: Die Hauptaufgaben und richtungen der geomorphologischen Forschungen in der UdSSR. Isvestija Ak. nauk. SSR. Geogr. serie nr 5. Moskva.
- GILEWSKA, S. 1967: Different methods of showing the relief on the detailed geomorphological maps, s. 481-490. Zeitschrift für Geomorphologie Neue Folge Band 11. Berlin.
- GILEWSKA, S. 1974: Some methodical and scientific aspects of the 1:300 000 geomorphological map of Poland, s. 151-158. Studia Geographice 41. Brno.
- GILEWSKA, S., M. KLIMKOWA & L. STARKEL 1982: The 1:500 000 geomorphological map of Poland, s. 7-23. Geographia Polonica nr 48. Warszawa.
- GJESSING, J. 1967: Norway's paleic surface, s. 69-132. Norsk Geogr. Tidskr. 21. Oslo.
- GJAEREVOLL, O. 1973: Plantegeografi. 185 s. Universitetsforlaget. Oslo.
- GOLDICH, S.S. 1938: A study of rock-weathering. J. Geol. 46, s. 17-58.
- GRANT, K. 1968: A terrain evaluation system for engineering. CSIRO Div. of Soil Mech. Tech. Pap. no. 2. Melbourne.
- GRAVENOR, C.P. 1955: The origin and significance of prairie mounds. American Journ. of Science. Vol. 253, aug. 1955. New Haven.
- GULLENTOPS, F. 1964: Trois exemples de cartes géomorphologiques détaillées, s. 425-488. Acta Geographica. Lovanensa.
- HAKKE, G. 1982: Kartographie I. 342 s. Gruyter. Berlin.

- HALDORSEN, S. 1978: Glacial comminution of mineral grains. Norsk Geol. Tidskr. 58, s. 241-243. Oslo.
- HALDORSEN, S. 1981: Grain-size distribution of subglacial till and its relation to glacial crushing and abrasion. Boreas. Vol. 10, s. 91-105. Oslo.
- HALL, K. 1980: Freeze-thaw activity at a nivation site in northern Norway. Arctic and Alpine Res. Vol. 12. No. 2, s. 183-194. Colorado.
- HARE, K.F. 1959: A photo-deconnaissance survey of Labrador-Ungava. Dept. of Mines and Techn. Surv. Geogr. Branch Mem. 6.
- HARLAND, W.B. 1964 a: Critical evidence for a great infracambrian glaciation. Geologische Rundschau 54, s. 45-61. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart.
- HARLAND, W.B. 1964 b: Evidence of Late precambrian Glaciation and its Significance. s. 119-149 i Nairn, A.E.M. (ed.) 1964: problems in Palaeoclimatology. Interscience Publ. Wiley and Sons. London.
- HARLAND, W.B. 1973: Tectonic Evolution of Barents Shelf and Related Plates, s. 599-608 i Pitcher, M.G. (ed.) 1973: Arctic Geology. Am. Assoc. of Petrol. Geol. Tulsa. Oklahoma.
- HARLAND, W.B. & R.A. GAYER 1972: The Arctic Caledonides and earlier Oceans. Geol. Mag. Vol. 109. Nr 4, s. 289-384. University Press. Cambridge.
- HARRIS, S.A. 1969: The meaning of till fabric, s. 143-164 i Nelson, J.G. & M.J. Chambers (ed.) 1969: Geomorphology, Selected Readings. Methuen.
- HARRIS, S.A. 1981 a: Climatic relationships of permafrost zones in areas of low winter snow-cover, s. 227-240. Biul. Perygl. nr 28. Lodz.
- HARRIS, S.A. 1981 b: Distribution of zonal permafrost - landforms with freezing and thawing indices, s. 81-90. Erdkunde Bd 35. Heft 2. Bonn.
- HARRIS, S. 1982: Distribution of zonal permafrost landforms with freezing and thawing indices, s. 163-182. Biul. Perygl. 29. Lodz.
- HELBLING, E. 1952: Morphologie des Sernftales, s. 89-141. Geographica Helvetica VII.
- HELLDÉN, U. 1974: Karst. En studie av Artfjällets karstområde samt jämförande korrosionsanalyser från Västspetsbergen och Tjeckoslovakien. Medd. fr. Lunds univ. geogr. inst. Avh. LXXII. 192 s. Lund.
- HELLDÉN, U. 1977: Landsat data för miljövårdsapplikationer: Markanvändningshantering i Linköpings kommun. Statens Naturvårdsverk. PM 892, s. 1-48. Stockholm.
- HELLDÉN, U. & H.-Å. OLSSON 1975: Additive Colour Viewer för färgsättning av multispektralt bildmaterial. SGÅ 51, s. 235-237. Lund.
- HELLDÉN, U., B. MALMSTRÖM, J.O. MATTSSON, B. OLSSON, H.-Å. OLSSON & O. PALMER 1976: Bildanalysator för fjärranalys-tillämpningar. SGÅ 52, s. 103-110. Lund.
- HELLDÉN, U., B. MALMSTRÖM & O. PALMER 1977: Landsat data för geovetenskapliga tillämpningar: Preliminära studier av fjällterräng, Varangerhalvön, Nordnorge. Lunds univ. Nat.geogr. inst. Rapporter och Notiser nr 33. 29 s. Lund.

- HELLDÉN, U., B. MALMSTRÖM, & O. PALMER 1979: Evaluation of Landsat data for geographical applications: A survey of an arctic/subarctic mountain area, Varanger Peninsula, northern Norway. Norsk Geogr. Tidskr. Vol. 33, s. 57-70. Oslo.
- HEMÄT-AHTI, L. 1963: Zonation of the mountain birch forests in northernmost Fennoscandia. Ann. Bot. Soc. 'Vanamo' 34. No. 4. 127 s. Helsingfors.
- HETTNER, A. 1921: Die Oberflächenformen des Festlandes ihre Untersuchung und Darstellung. Leipzig. V. Berlin.
- HOLMES, A. 1965: Principles of Physical Geology. 1288 s. Nelson London.
- HOLTEDAHL, H. 1959: A petrographical and Mineralogical Study of two high Altitude Soils from Trollheimen, Norway. Norsk Geol. Tidskr. 32, s. 191-226. Oslo.
- HOLTEDAHL, O. 1918: Bidrag til Finnmarkens Geologi. NGU 84. Kristiania 1918.
- HOLTEDAHL, O. 1919: On the Paleozoic Formations of Finnmarken in Northern Norway. Am. J. Sci. 4, ser. V 47, s. 85. New Haven. Yale.
- HOLTEDAHL, O. 1929: Some remarkable features of the submarine relief on the north coast of the Varanger peninsula, northern Norway. Avh. utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi. Mat.-Naturv. 12, s. 1-4. Oslo.
- HOLTEDAHL, O. 1932: Additional observations on the Rock Formation of Finnmarken, Northern Norway. Norsk Geol. Tidskr. 11, s. 241-279. Oslo.
- HOLTEDAHL, O. 1940: The submarine relief off the Norwegian coast. 43 s. Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo.
- HOLTEDAHL, O. 1951: Hvordan landet vårt ble til. En oversikt over Norges geologi. 199 s. J.W. Cappelens forlag. Oslo.
- HOLTEDAHL, O. 1953: Norges geologi. Bind. II. NGU 164:II, s. 587-1118. Oslo.
- HOLTEDAHL, O. (ed.) 1960: Geology of Norway. NGU 208. 540 s. Oslo.
- HOLTEDAHL, O. & B.G. ANDERSEN 1966: Glacial map of Norway. NGU 208. Oslo.
- HOLTEDAHL, O. & I.Th. ROSENQVIST 1958: "Refugie-problemet" på den skandinaviske halvøy fra geologisk synspunkt. Svensk Naturvetenskap 11. Statens Naturv. Forskningsråd. Årsbok 1958, s. 108-118. Stockholm.
- HOLTEDAHL, O., S. FÖYN & P. REITAN (ed. Dons, J.A.) 1960: Aspects of the Geology of Northern Norway. Guide to exkursion. No. A3. XXI Intern. Geol. Congr. 66 s. Oslo.
- HOPPE, G. 1952: Hummocky moraine regions, with special reference to the interior of Norrbotten. Geogr. Ann. 34. Stockholm.
- HOPPE, G. 1957: Problems of glacial morphology and the ice age. Geogr. Ann. 39. Stockholm.
- HOPPE, G. 1959 a: Glacial morphology and inland ice recession in northern Sweden, s. 193-212. Geogr. Ann. 41. Stockholm.
- HOPPE, G. 1959 b: Några kritiska kommentarer till diskussionen om isfria refugier. Svensk Naturvetenskap, 12. Statens Naturv. Forskningsråd. Årsbok 1959, s. 123-134. Stockholm.



- HUDEC, P.P. 1973: Rock weathering on molecular level. *Geol. Soc. of America*, 5 (7). Abstracts with programs, s. 675-676.
- HULTÉN, E. 1971: Atlas över växternas utbredning i Norden. 531 s. Stockholm.
- HUMLUM, O. (ed.) 1982: Arktisk geomorfologi. Karlebotn, Varangerfjorden 1980. *Geonoter*. No. 7. 78 s. Köbenhavns Universitets Geografiske Centralinstitut. Köpenhamn.
- HUSTICH, I. 1968: Plant geographical regions, s. 62-70 i Sömme, A. (ed.) 1968: A Geography of Norden. 343 s. Svenska Bokförlaget. Stockholm.
- HYVÄRINEN, H. 1975: Absolute and relative pollen diagrams from northernmost Fennoscandia. *Fennia* 142. 23 s. Helsingfors.
- HYVÄRINEN, H. 1976: Flandrian pollen deposition rates and tree-line history in northern Fennoscandia. *Boreas*. Vol. 5, s. 163-175. Oslo.
- HÅKANSSON, S. 1974: University of Lund Radiocarbon Dates VII. Radiocarbon 16, s. 317-318. New Haven. Connecticut.
- HÅKANSSON, S. 1977: University of Lund Radiocarbon Dates X. Radiocarbon 19, s. 431-432. New Haven. Connecticut.
- HÅKANSSON, S. 1978: University of Lund Radiocarbon Dates XI. Radiocarbon 20, s. 416-435. New Haven. Connecticut.
- HÅKANSSON, S. 1980: University of Lund Radiocarbon Dates XIII. Radiocarbon 22, s. 1045-1063. New Haven. Connecticut.
- HÅKANSSON, S. 1981: University of Lund Radiocarbon Dates XIV. Radiocarbon 23, s. 384-403. New Haven. Connecticut.
- HÅKANSSON, S. 1984: University of Lund Radiocarbon Dates. Radiocarbon. New Haven. Connecticut. (in print)
- HÄGG, G. 1973: Allmän och oorganisk kemi. 771 s. Almqvist & Wiksell. Stockholm.
- HÖGBOM, B. 1909: Einige Illustrationen zu den geologischen Wirkungen des Frostes, s. 41-59 i Sjögren, Hj. 1909: Bulletin of the Geol. inst. of the univ. of Upsala. Vol. IX. 251 s. Upsala.
- HÖGBOM, B. 1914: Über die geologische Bedeutung des Frostes. Akademische Abhandlung. Särtryck från Bull. of the Geol. Inst. of the univ. of Upsala. Vol. XII, s. 258-389. Upsala.
- HÖGBOM, B. 1926: Beobachtungen aus Nordschweden über den Frost als geologischer Faktor. Särtryck från Bull. of the Geol. inst. of the univ. of Upsala Vol. XX, s. 243-279. Upsala.
- IMHOF, E. 1982: Cartographic Relief Presentation, 389 s. Walter de Gruyter. Berlin.
- IVES, J.D. 1957: Glaciation of the Torngat Mountains, Northern Labrador. *Arctic*. Vol. 10. No. 2, s. 67-87. Ottawa.
- IVES, J.D. 1958: Mountain-top detritus and the extent of the last glaciation in northeastern Labrador-Ungava. *Le Geographe Canadien*, s. 25-31. Toronto.
- IVES, J.D. 1962: Indications of recent extensive glacierization in north-central Baffin Island, N.W.T. *Journ. of Glac.* 4, s. 197-205. Cambridge.
- IVES, J.D. 1974: Biological refugia and the nunatak hypothesis, s. 605-636 i Ives, J.D. & R.G. Barry (ed.) 1974:

- Arctic and Alpine Environments. 999 s. Methuen. London.
- JAHN, A. 1979: The Varanger peninsula (Norway) and the problem of the fossilisation of periglacial phenomena in Europe. *Geogr. Ann.* Vol. 61 A. Nr 1-2, s. 1-10. Stockholm.
- JAHN, A. 1982: Some observations concerning the postglacial geomorphological degradation in northern Scandinavia. *Würzsb. Geogr. Arb.* 56, s. 151-158. Würzburg.
- JAHN, A. & S. SIEDLECKI 1982: Periglacial phenomena on the Varanger peninsula (Norway). *Biul. Perygl.* No. 29, s. 25-52. Lodz.
- JOHNSON, H.D., B.K. LEVELL & S. SIEDLECKI 1978: Late Precambrian sedimentary rocks in East Finnmark, north Norway and their relationship to the Trollfjord-Komagelv fault. *Journ. Geol. Soc. London* 135, s. 517-533. London.
- KAITANEN, V. 1969: Geographical study of the morphogenesis of northern Lapland, s. 1-85. *Fennia* 99. No. 5. Helsingfors.
- KARTE, J. 1980: Rezente, subrezente und fossile Periglaziärerseheinungen im nördlichen Fennoskandien. Bericht über eine Exkursionstagung der IGU-Arbeitsgruppe "Co-ordinating Committee for Periglacial Research" vom 1. bis 9. September 1979. *Zeitschrift f. geomorph.* N.F. 24, s. 448-467. Berlin.
- KEINDL, J. 1936: Geomorphologische Untersuchungen in Nordnorwegen, s. 102-143. *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in Wien.* Bd 79, nr. 7-9. Wien.
- KIHLBLOM, U. 1970: Flygbildstolkning för jordartsbestämning, 189 s. Utbildningsförlaget. Stockholm.
- KING, B. R. 1970: A parametric approach to land system classification, s. 37-46. *Geoderma* 4. Elsevier. Amsterdam.
- KJELDSSEN, O. & J.L. SOLLID 1979: kvartaergeologisk kart Tana-Neiden, Finnmark. 1:100 000. Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo.
- KJÖDE, J., K.M. STORVEDT, D. ROBERTS & A. GIDSKEHAUG 1978: Paleomagnetic evidence for large-scale dextral movement along the Trollfjord-Komagelv fault, Finnmark, North Norway, s. 132-144. *Physics of Earth and Planetary Interiors* 16., s. 132-144. Amsterdam.
- KLIMASZEWSKI, M. 1960: Principles of the geomorphological survey of Poland, s. 48-55. XVIII Congr. Int. Rio 1956 II.
- KLIMASZEWSKI, M. 1963 a: The principles of geomorphological mapping in Poland, s. 67-71. *Problems of Geomorphological Mapping.* Geographical Studies No. 46. Warszawa.
- KLIMASZEWSKI, M. (ed.) 1963 b: Problems of geomorphological mapping. Data of the International Conference of the Subcommission on Geomorphological Mapping. Poland 3-12 May, 1962. 178 s. Institute of Geography of the Polish Academy of Sciences, Geographical Studies no. 46. Warszawa.
- KLIMASZEWSKI, M. 1982: Detailed geomorphological maps, s. 265-271. *ITC journal* 1982-3. Delft.
- KOSTYAEV, A.G. 1969: Wedge- and fold-like diagenetic disturbances in quarternary sediments and their paleogeographic significance, s. 231-270. *Biul. Perygl.* nr. 19. Lodz.

- KUJANSUU, R. 1967: On the deglaciation of western Finnish Lapland. 98 s. Bull. Comm. Geol. Finl. 232.
- KULLING, O. 1934: The "Hecla Hoek formation" round Hinlopen. Scientific results of the Swedish-Norwegian arctic expedition in the summer of 1931. Part XI, s. 161-254. Geogr. Ann. XVI Stockholm.
- KULLING, O. 1942: Grunddragen av fjällkedjerandens bergbyggnad inom Västerbottens län. SGU Ser. C, no. 444 i SGU Årsbok 36, 319 s. Stockholm.
- LAGERLUND, E., G. KNUTSSON, M. ÅMARK, M. HEBRAND, L.-O. JÖNSSON, B. KARLGREN, J. KRISTIANSSON, P. MÖLLER, J.M. ROBISON, P. SANDGREN, T. TERNE & WALDEMARSSON, D. 1983: The deglaciation pattern and dynamics in south Sweden, a preliminary report. Lundqua rep. 24. 7s. Lund.
- LAKOV, L. 1977: Principes et methodes de compilation et de presentation cartographiques des cartes geomorphographiques de la Bulgarie a echelle moyenne, s. 139-150. Annuaire de L'université de Sofia Faculté de Géologie et Géographic Liure 2 - Géographie.
- LAUTRIDOU, J.P. 1971: Bilan des recherches de gelifraction experimentale effectuees au Centre de Geomorphologie. s. 63-75 i Étude des phénomènes périglaciaires en laboratoire, Colloque International de Geomorphologie, Liège-Caen, 1971. Centre de Geomorphologie a Caen, Bulletin no. 13-14-15. Caen.
- LEOPOLD, L.B., M.G. WOLMAN & J.P. MILLER 1964: Fluvial processes in geomorphology. 522 s. W.H. Freeman and Company. San Francisco.
- LESER, H. & G. STÄBELEIN 1975: Geomorphologische Kartierung. Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten 1:25 000. 39 s. Berliner Geographische Abhandlungen. Sonderheft. Berlin.
- LESER, H. 1968: Geomorphologische Karten im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland nach 1945, s. 101-121. Berichte zur deutschen Landeskunde. Bd 39. Bad Godesberg.
- LEVELL, B.K. & D. ROBERTS 1977: A Re-investigation of the Geology of North-west Varanger Peninsula, East Finnmark, North Norway. NGU 334, s. 83-90. Oslo.
- LID, J. 1979: Norsk och svensk flora. Det norske samlaget-Oslo.
- LIDMAR-BERGSTRÖM, K. 1982: Pre-Quaternary geomorphological evolution in southern Fennoscandia, 202 s. Medd. fr. Lunds univ. geogr. inst. Avh. XCI. Lund.
- LILJEQUIST, G. 1970: Klimatologi. 527 s. Generalstabens litografiska anstalt. Stockholm.
- LINDQVIST, S. & J.O. MATTSSON 1965: Studies on the thermal structure of a pals, s. 38-49. SGÅ 41. Lund.
- LINDROTH, C.H. 1958: Istidsövervintrare bland djuren. Svensk Naturvetenskap 11. Statens Naturv. Forskningsråd. Årsbok 1958, s. 134-151. Stockholm.
- LOCKE, C.W. & W.W. LOCKE 1977: Little Ice Age snow-cover extent and paleoglaciation thresholds: north-central Baffin Island, N.W.T., Canada. Arctic and Alpine Res. Vol. 9, no. 3, s. 291-300. Colorado.
- LUNDÉN, B. 1977: Jordartskartering med flygbildteknik. En metodundersökning i olika bildmaterial. 100 s. SGU ser. C 738. Stockholm.

- LUNDHOLM, B. 1959: Övervintring på Nordsjölandet? Svensk Naturvetenskap, 12. Statens Naturv. Forskningsråd. Årsbok 1959, s. 138-142. Stockholm.
- LUNDQVIST, G. 1948: Blockens orientering i olika jordarter. SGU. Ser. C. No. 497. Stockholm.
- LUNDQVIST, G. 1949: The orientation of block materials in certain species of flow earth. Geogr. Ann. Bd 31, s. 335-347. Stockholm.
- LUNDQVIST, G. 1951: Blocksänkor och några andra frostfenomen. GFF Vol. 73, s. 507-512. Stockholm.
- LUNDQVIST, J. 1958: Beskrivning till jordartskarta över Värmlands län. SGU. Ser. Ca, no. 38. Stockholm.
- LUNDQVIST, J. 1962: Patterned ground and related phenomena in Sweden. SGU. Ser. C, no. 583. 101 s. Stockholm.
- LÖKEN, O. 1962: On the vertical extent of glaciation in northeastern Labrador-Ungava. Can. Geogr. VI (3-4), s. 106-119. Toronto.
- LÖKEN, O. 1969: On the Vertical Extent of Glaciation in Northeastern Labrador-Ungava, s. 90-109 i Nelson, J.G. & M.J. Chambers (ed.) 1969. Geomorphology. Methuen. Toronto
- MAACK, A. 1967: Fossil ice-wedge polygons in the Kunes and Båtsfjord areas, s. 41-57. Lund Studies in Geography. Ser. A. No. 40. Lund.
- MAARLEVELD, G.C. 1965: Frost mounds, s. 7-20. Mededelingen van de Geologische Sticting, Nieuwe serie. No. 17. Wageningen.
- MABBUTT, J.A. 1968: Review of Concepts of Land Classification, s. 11-28 i Steward (ed.) 1968. Land Evaluation. 392 s. Macmillan of Australia. Melbourne.
- MACHATSCHEK, F. 1917: Über morphologische Karten. Kartogr. Zeitschrift. Heft 3/4. Wien.
- MACKAY, J.R. 1971: The origin of massive icy beds in permafrost, Western Arctic coast, Canada, s. 397-422. Canadian Journ. of Earth Sciences, 8.
- MACKAY, J.R. 1978: Contemporary pingos: A discussion. Biul. Perygl. No. 27. Lodz.
- MACKAY, J.R. & W.H. MATHEWS 1974: Movement of sorted stripes, the Cinder Cone, Garibaldi Park, BC, Canada. Arctic and Alpine Research 6, s. 347-359. Colorado.
- MALMSTRÖM, B. & O. PALMÉR 1970: Glacialmorfologiska studier på Varangerhalvön genom flygbildstolkning och fältstudier. Sem. upps. Nat. Geogr. Inst. 81 s. Lund.
- MALMSTRÖM, B. & O. PALMÉR 1975: Äldre och nyare topografiskt kartmaterial över Varangerhalvöya - en jämförelse, s. 124-128. SGÅ 51. Lund.
- MALMSTRÖM, B. & O. PALMÉR 1979: Muntlig presentation av blockhavsproblematiken inom Varangerhalvöya i anslutning till Symposium i periglacial morfologi norra Skandinavien i regi av IGU:s arbetsgrupp, "Co-ordinating Committee for Periglacial Research".
- MALMSTRÖM, B. & O. PALMÉR 1982 a: Erfarenheter från en mindre vanlig metod att överföra data till underlagskartor. SGÅ 58, s. 202-204. Lund.
- MALMSTRÖM, B. & O. PALMÉR 1982 b: Lösmaterialackumulationer i blockhaven på Varangerhalvön i Nordnorge - en problemdiskussion. Geogr. Tidskr. 82, s. 82-87. Köpenhamn.



- MALMSTRÖM, B. & H.-Å. OLSSON & O. PALMÉR 1973: Ravinbildningar i Natfjeldets sysida, Varangerhalvön. SGÅ 49, s. 216-218. Lund.
- MANGERUD, J. 1972: Radiocarbon dating of marine shells, including a discussion of apparent age of recent shells from Norway. *Boreas*. Vol. 1, s. 143-172. Oslo.
- MANGERUD, J. 1973: Isfrie refugier i Norge under istidene. NGU 297. 23 s. Oslo.
- MANGERUD, J., S.T. ANDERSEN, B.E. BERGLUND & J.J. DONNER 1974: Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. *Boreas*. Vol. 3, s. 109-128. Oslo.
- MANGERUD, J. & B.E. BERGLUND 1978: The subdivision of the Quaternary of Norden: a discussion. *Boreas*. Vol. 7, s. 179-181. Oslo.
- MARKGREN, M. 1956: Glaciation och landskap i norra Fennoskandia. SGÅ 32, s. 6-43. Lund.
- MARKGREN, M. 1962: Detaljmorfologiska studier i fast berg och blockmaterial. Del I och II. Medd. fr. Lunds univ. Geogr. Inst. Avh. XLIII. 96 s. Lund.
- MARKGREN, M. 1964: Geomorphological studies in Fennoscandia. Vol. II. Chute slopes in northern Fennoscandia. A. Regional studies. Medd. fr. Lunds univ. Geogr. inst. Avh. XLIV. 136 s. Lund.
- MARKGREN, M & M. LASSILA 1975: Geomorfologisk inventering i övre Norrland. 14 s. SNV PM 541. Statens naturvårdsverk. Solna.
- MARTINI, A. 1967: Preliminary experimental studies on frost weathering of certain rock types from the west Sudites. *Biul. Perygl.* No. 16, s. 147-194. Lodz.
- MARTHINUSSEN, M. 1945: Yngre postglaciale nivåer på Varangerhalvöya. *Norsk Geol. Tidskr.* 25, s. 230-265. Oslo.
- MARTHINUSSEN, M. 1960: Coast- and fjord area of Finnmark, with remarks on some other districts, s. 416-432 i Holte-dahl, O. (ed.) 1960: *Geology of Norway*. NGU 208. 540 s. Oslo.
- MARTHINUSSEN, M. 1961: Brerandstadier og avsmeltningsforhold i Repparfjord-Stabbarsdal-området, Finnmark. NGU 213, s. 118-169. Oslo.
- MARTHINUSSEN, M. 1962: C14-datings referring to shore lines, transgression, and glacial substages in Northern Norway. NGU 215, s. 37-67. Oslo.
- MARTHINUSSEN, M. 1974: Contributions to the Quaternary geology of north-easternmost Norway and the closely adjoining foreign territories. NGU 313. 157 s. Oslo.
- MATHEWS, W.H. 1963: Quaternary stratigraphy and geomorphology of the Fort St. John area, northeastern British Columbia. Dept. Mines & Petr. Res. Victoria.
- MELANDER, O. 1975: Geomorfologiska kartbladet 29 I Kebnekaise - Beskrivning och naturvärdesbedömning. SNV PM 540. 78 s. Statens naturvårdsverk. Solna.
- MELANDER, O. 1976: Geomorfologiska kartbladet 29 J Kiruna - Beskrivning och naturvärdesbedömning. SNV PM 741. Statens naturvårdsverk. Solna.
- MELANDER, O. 1977: Geomorfologiska kartbladet 30 H Riksgränsen (öst), 30 I Abisko, 31 H Reurivarre och 31 i

- Vadvetjåkka - Beskrivning och naturvärdesbedömning. SNV PM 857. 56 s. Statens naturvårdsverk. Solna.
- MELLOR, M. 1970: Phase composition of pore water in cold rocks. U.S. Army Corps of Engineers, CRREL, Res. Rep. 292. 59 s.
- MERIAN, R. 1946: Eine neue geomorphologische Untersuchungs- und Darstellungsmethode am Beispiel des oberen Engalbertales. Diss. Zürich.
- METEOROLOGISKA IAKTTAGELSER I ABISKO 1924. Uppsala 1926.
- METEOROLOGISKA IAKTTAGELSER I ABISKO 1925. Uppsala 1927.
- METEOROLOGISKA IAKTTAGELSER I ABISKO 1926. Uppsala 1928.
- METEOROLOGISKA IAKTTAGELSER I ABISKO 1927. Uppsala 1928.
- METEOROLOGISKA IAKTTAGELSER I ABISKO 1928. Uppsala 1929.
- MEYERHOFF, A.A. 1973: Origin of Arctic and North Atlantic Oceans, s. 562-582 i Pitcher, M.G. (ed.) 1973. Arctic Geology. Am. Assoc. of Petrol. Geol. Tulsa. Oklahoma.
- MINELL, H. 1979: The genesis of tills in different moraine types and the deglaciation in a part of central Lappland. SGU ser. C, nr 754. 83 s. Stockholm.
- MINET, A., B. BASTIN & R. NOEL 1969: A la découverte de la Laponie. J.S.E.C. 188 s. Bruxelles.
- MITCHELL, C. 1973: Terrain evaluation. 221 s. Longman. London.
- MOSER, S. 1958: Studien zur Geomorphologie des Zentralen Aargaus + Geomorphologische Karte des Zentralen Aargaus, 1:25 000, s. 1-100. mitt. Geogr.-Ethnol. Ges. Basel. 1:1955-1957.
- MULLENDERS, W. & F. GULLENTOPS 1969: The age of the pingos of Belgium, s. 321-335 i Peve, T. (ed.) The periglacial environment Mc Gill. Montreal.
- MÜLLER, F. 1959: Beobachtungen über Pingos. 127 s. Medd. om Grönland. Bd 153, nr 3.
- MÖLLER, J.J. & J.L. SOLLID 1973: Geomorfologisk kart over Lofoten-Vesterålen, s. 195-205. Norsk Geogr. Tidskr. 27.
- MÖLLER, S.G. 1971: System att beskriva och klassificera information om landskapet. Byggforskningen. Rapport R 19:1971. Stockholm.
- NANNFELDT, J.A. 1958: Den skandinaviska fjällfloran och nedisningarna. Svensk Naturvetenskap 11. Statens Naturv. Forskningsråd. Årsbok 1958, s. 119-133. Stockholm.
- NATURGEOGRAFISK REGIONINDELNING AV NORDEN. 1977: Nordiska ministerrådet. NU B 1977:34. 122 s. Gotab. Stockholm.
- NIINI, H. 1967: Taka-Lapin kivilajien kuluminen hienonnuskokeiden ilmentämänä (The wearing down of bedrock in northern Lapland as indicated by rock comminution experiments. Terra. Årg. 79. Nr 2, s. 33-37. Helsingfors.
- NOE-NYGAARD, A. 1955: Geologi. Processer og materialer. 433 s. Gyldendal. Copenhagen.
- NORDENSTAM, G. 1963: Frostmarksföreteelser och vinderosionsformer på Nuolja samt beskrivning av "collapsed pingos" vid Rakkasjokk, Abisko. Manuskript. Dept. of Phys. Geogr. Uppsala.
- NORDHAGEN, R. 1933: De senkvartaere klimavekslinger i Nord-europa og deres betydning for kulturforskningen. Inst. for sammenlignende kulturforskning. Ser. A: Forelesinger XII. 246 s. Aschehoug & Co. Oslo.

- NORDHAGEN, R. 1935: Om *Arenaria humifusa* Wg. og dens betydning for utforskningen av Skandinavias eldste floraelement. Bergens Museums Årbok 1935. Naturvidenskapelig rekke, nr 1, s. 1-183. Bergen.
- NORDHAGEN, R. 1936 a: Demonstration av växtarter från Nord-Norge. Nordiska (19. Skandinaviska) Naturforskarmötet i Helsingfors 1936, s. 464-466. Helsingfors.
- NORDHAGEN, R. 1936 b: Skandinavias fjellflora og dens relasjoner til den siste istid. Nordiska (19. Skandinaviska) Naturforskarmötet i Helsingfors 1936, s. 93-124. Helsingfors.
- NORSK METEOROLOGISK ÅRBOK 1980: Det norske meteorologiske institutt. Oslo, 1981.
- OFSTAD, K. 1980: Vadsö, kvartaergeologisk kart HST-281.282, M. 1:20 000. NGU. Trondheim.
- OFTEDAHL, C. 1980: Geology of Norway. NGU 356, 114 s. Oslo 1980.
- OHLSON, B. 1964: Frostaktivität, Werwitterung und Bodenbildung in den fjeldgegenden von Enontekiö, Finnisch-Lappland. Fennia 89, No. 3. 180 s. Helsingfors.
- OSTENSO, N.A. & R.J. WOLD 1973: Aeromagnetic Evidence for Origin of Arctic Ocean Basin, s. 506-516 i Pitcher, M.G. (ed.) 1973: Arctic Geology. Am. Assoc. of Petrol. Geol. Tulsa. Oklakoma.
- OUREN, T. 1977: Vegetasjonsgeografi, s. 155-172 i Gjessing, J. 1977: Norges geografi. Universitetsforlaget. 439 s. Oslo.
- PASSARGE, S. 1912: Physiologische Morphologie. 205 s. L. Friederichsen & Co. Hamburg.
- PASSARGE, S. 1914: Morphologischer Atlas. Erläuterungen zu Lieferung 1 (Morphologie des Messtischblattes Stadtremda). 221 s. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg 28.
- PARIZEK, R. 1969: Glacial Ice-Contact Rings and Ridges, s. 49-102 i Schumm, S.A., W.C. Bradley (ed.) 1969: United States Contributions to Quaternary Research. The Geological Society of America. Special Paper 123. 305 s.
- PAULSEN, F. 1952: Vindrosor for en del nord-norske stasjoner. 39 s. Universitetsforlaget, Oslo.
- PAYETTE, S. & M.K. SÉGUIN 1979: Les buttes minérales cryogènes dans les basses terres de la rivière aux Feuilles Nouveau-Quebec. Geogr. Phys. Quat. Vol. 33.
- PELTIER, L.C. 1950: Geographical cycle in periglacial regions. Association of American Geographers, s. 214-236. Lancaster.
- PENCK, A. 1894: Morphologie der Erdoberfläche. Del 1. 471 s. Verl. von J. Engelhorn. Stuttgart.
- PIIROLA, J. 1969: Frost-sorted block concentrations in western Inari, Finnish Lapland. Fennia 99, No. 2. 35 s. Helsingfors.
- PIIROLA, J. 1972: Pohjois-Suomen Kuviomaista (Patterned ground in northern Finland), s. 132-142. Terra. Vol. 89, nr 3. Helsingfors.
- PISSART, A. 1963: Les traces de Pingos du Pays de Galles (Grande-Bretagne) et du Plateau des Hautes Fagnes (Belgique), s. 147-165. Zeitschrift f. geomorph. 7. Berlin.

- PISSART, A. 1965: Les pingos des Hautes Fagnes; les problèmes de leur genèse, s. 277-289. Ann. Soc. géol. Belgique 88.
- PITTY, A.F. 1971: Introduction to Geomorphology. 526 s. Methuen & Co Ltd. London.
- POTTS, A.S. 1970: Frost Action in Rocks: Some Experimental Data. Inst. of British Geogr. Transactions. No. 49, s. 109-124. London.
- PRENTICE, H.C. 1981: A Late Weichselian and early Flandrian pollen diagram from Östervatnet, Varanger Peninsula, NE Norway. Boreas, Vol. 10, s. 53-70. Oslo.
- PRENTICE, H.C. 1982: Late Weichselian and early Flandrian vegetational history of Varanger peninsula, northeast Norway. Boreas, Vol. 11, s. 187-208. Oslo.
- PRENTICE, I.C. 1978: Modern pollen spectra from lake sediments in Finland and Finnmark, north Norway. Boreas, Vol. 7, s. 131-153. Oslo.
- PRINGLE, I.R. 1973: Rb-Sr age determinations on shales associated with the Varanger Ice Age. Geol. Mag. Vol 109. No. 6, s. 465-560. University Press. Cambridge.
- RAISZ, E. 1956: Landform Maps. Petermanns Geographische Mitteilungen. 100 Jahrgang, s. 171-172. Gotha.
- RAISZ, E. 1960: Landforms of Europe. (Karta). Rand McNally & company, Chicago.
- RAPP, A. 1960: Recent development of mountain slopes in Kärkevagge and surroundings, northern Scandinavia. Geogr. Ann. Vol. XLII, nr 2-3. 200 s. Stockholm.
- RAPP, A. 1982: Odensjön, Skärvalid och Klöva Hallar. ett nytt tolkningsförsök. SGÅ, årg. 58, s. 131-142. Lund.
- RAPP, A. 1983: Zonation of Permafrost Indicators in Swedish Lapland, s. 82-90 i Poser & Schunke (ed.) Mesoformen des Reliefs im heutigen Periglacialraum. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Mathematisch-Physikalische Klasse Dritte Folge Nr 35. Göttingen.
- RAPP, A. & S. RUDBERG 1960: Recent periglacial phenomena in Sweden. Biul. Perygl. nr 8, s. 143-154. Lodz.
- RATHJENS 1920: Morphologie des Messtischblattes Saalfeld a.d. Saale. L. Friederichsen & Co. Hamburg.
- READING, H.G. 1965: Eocambrian and Lower Palaeozoic geology of the Digermul Peninsula, Tanafjord, Finnmark. NGU 234, s. 167-191. Oslo.
- READING, H.G. & R.G. WALKER 1966: The sedimentation of Eocambrian tillites and associated sediments in Finnmark, Northern Norway. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 2, s. 177-212. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.
- REUSCH, H. (ed.) 1891 a: Det nordlige Norges geologi. NGU. 204 s. Kristiania.
- REUSCH, H. 1891 b: Fra en reise i Finnmarken, s. 1-111 i Reusch, H. 1891. Det nordlige Norges geologi. 204 s. Kristiania.
- REUSCH, H. 1891 c: Skuringsmerker og morenegrus eftervist i Finnmarken fra en periode meget ældre end "istiden". NGU, s. 78-85. Aarbog 1891. Kristiania 1891.
- REUSCH, H. 1901: Nogle bidrag til forstaaelsen af hvorledes Norges dale og fjelde er blevne til. NGU 32, s. 124-217. Kristiania.



- ROALDSET, E., E. PETTERSEN, O. LONGVA & J. MANGERUD 1982: Remnants of preglacial weathering in western Norway. Norsk Geol. Tidskr. 3, s. 169-178. Oslo.
- ROBERTS, D. 1972: Tectonic deformation in the Barents Sea region of Varanger Peninsula, Finnmark. NGU 282, s. 1-39. Oslo.
- ROBERT, P. & L.J. BECKERS 1970: Carte Géomorphologique de Belgique. Feuille Fléron - Verviers 47/7-8, 1:25 000.
- ROSENDAHL, H. 1931: Bidrag til Varangernesets geologi. Norsk Geol. Tidskr. Bd 12, s. 486-506. Oslo.
- ROSENDAHL, H. 1945: Prekambrium-Eokambrium i Finnmark. Norsk Geol. Tidskr. 25, s. 327-349. Oslo.
- RUDBERG, S. 1949: Dalarnas terrängformer, s. 32-47 i Forslund, K.H. & Curry-Lindahl, K. (ed.) 1949. Natur i Dalarna. 336 s. Göteborg.
- RUDBERG, S. 1954: Västerbottens berggrundsmorfologi. Ett försök till rekonstruktion av preglaciala erosionsgenerationer i Sverige. 457 s. Geographica nr 25. Uppsala.
- RUDBERG, S. 1962 a: A report on some field observations concerning periglacial geomorphology and mass movement on slopes in Sweden. Biul. Perygl. nr 11, s. 311-323. Lodz.
- RUDBERG, S. 1962 b: Excursions at the Abisko symposium 1960. Biul. Perygl. nr 11, s. 187-198. Lodz.
- RUDBERG, S. 1970 a: Geomorfologi. Atlas över Sverige, blad 5-6. Svenska Sällskapet för Antropologi och geografi. Generalstabens litografiska anstalts förlag, Stockholm.
- RUDBERG, S. 1970 b: Naturgeografiska seminarieuppsatser vid Göteborgs universitet höstterminen 1959 - vårterminen 1969 refererade och redigerade av Sten Rudberg. Gothia 10. 172 s. Göteborg.
- RUDBERG, S. 1974: Geomorfologisk kartering med internationella aspekter. Symposium i tillämpad naturgeografi, UNGI, Rapport 24, s. 363-370. Uppsala.
- RUDBERG, S. 1976: Über Geomorphologische Kartierung in Nordschweden - eine Entgegnung. Erdkunde Bd 30 Lfg 3, s. 134-135. Bonn.
- RUDBERG, S. 1977: Periglacial Zonation in Scandinavia, s. 92-104 i Poser, H. (ed.) 1977: Formen, Formengesellschaften und Untergrenzen in den heutigen periglazialen Höhenstufen der Hochgebirge Europas und Afrikas zwischen Arktis und Äquator. Bericht über e. Symposium. Abh. der Akad. der Wissenschaften in Göttingen, Mathem.-Phys. Klasse. Folge 3. Nr 31, 353 s. Vandenhoeck & Ruprecht. Göttingen.
- RUDBERG, S. 1979: Geomorfologiska kartor. Ymer 1979, s. 7-21. Stockholm.
- RUDBERG, S. 1982: Dalbildning i den arktiska klimatzonen. Geografisk Tidskrift, nr 82, s. 30-36. Köpenhamn.
- RUDBERG, S., H. ERIKSSON, R. KRATHMAN, A. SANDQUIST & J. WEJEDAL 1976: Halle- och Hunneberg. Geoinventering med en geomorfologisk karta. Göteborgs universitets Naturgeografiska institution (GUNI), Rapport 9. Göteborg.
- RÖNNING, O.I. 1960: The vegetation and Flora North of the Arctic Circle, s. 50-72 i Vorren, Ö. 1960: Norway north of 65. 271 s. Univ. Press. Oslo.

- RÖNNEVIK, H.C. 1981: Geology of Barents Sea, s. 395-406 i Illing, L.V. & G.D. Hobson (ed.) 1981: Petroleum Geology of Continental Shelf of North-West Europe. London.
- SALISTSCHEV, K.A. 1967: Einführung in die Kartographie. Gotha.
- SALOMÉ, A.I. & H.J. von DORSSER 1982: Examples of 1:50 000 scale geomorphological maps of part of the Ardennes. Zeitschrift für Geomorphologie. NF 26:4, s. 481-489. Berlin.
- SALOMÉ, A.I., H.J. van DORSSER & Ph. L. REIFF 1982: A comparison of geomorphological mapping systems. ITC journal 1982:3, s. 272-274. Delft.
- SCHIPULL, K. 1974: Geomorphologische Studien im zentralen Südnorwegen mit Beiträgen über Regelungs- und Steuerungssysteme in der Geomorphologie. Hamburger Geogr. Stud. 31. 91 s. Hamburg.
- SCHIÖTZ, O.E. 1898: Om Dr. Reusch's präglaciale Skuringsmerker. Nyt Mag. f. Naturvid. 36, s. 1-10. Oslo.
- SCHOLZ, E. 1973: Geomorphologische Karten und Legenden Ausgewählter Masstabsgruppen. Studia Geographica 32. 119 s. Brno.
- SCHOLZ, E. 1974 a: Classification of geomorphological maps. Zur klassifikation geomorphologischer Karten. Studia Geographica 41, s. 15-29. Brno.
- SCHOLZ, E. 1974 b: Zur Klassifikation geomorphologischer Karten nach Masstab und Inhalt. Wissenschaftliche Zeitschrift der Pädagogischen Hochschule Potsdam 18/3, s. 393-402. Potsdam.
- SCHOU, A. 1949: Atlas over Danmark I. Landskapsformerne. 129 s. text, 32 s. atlas. Hagerup. Köpenhamn.
- SCHUNKE, E. 1973: Palsen und Kryokarst in Zentral-Island. Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse H.4, s. 66-102. Göttingen.
- SEPPÄLÄ, M. 1972: Pingo-like remnants in the Peltojärvi area of finnish Lapland. Geogr. Ann. 54 A, s. 38-45. Stockholm.
- SEPPÄLÄ, M & J. RASTAS 1980: Vegetation map of northernmost Finland with special reference to subarctic forest limits and natural hazards. Fennia 158, s. 41-61. Helsingfors.
- SERNANDER, R. 1896: Några ord med anledning av Gunnar Andersson, Svenska växtvärldens historia. Bot. Notiser, s. 114-128. Lund.
- SIEDLECKA, A. & S. SIEDLECKI 1967: Some new aspects of geology of Varanger peninsula (Northern Norway) Preliminary report. NGU 247. Årbok 1966, s. 288-306. Oslo.
- SIEDLECKA, A. & S. SIEDLECKI 1972: Lithostratigraphical correlation and sedimentology of the Late Precambrian of Varanger Peninsula and neighbouring areas of East Finnmark, Northern Norway. XXIV Intern. Geol. Congress, Montreal 6, s. 349-358. Montreal.
- SIEDLECKA, A. & D. ROBERTS 1972: A late Precambrian tilloid from Varangerhalvöya - evidence of both glaciation and subaqueous mass movement. Norsk Geol. Tidskr. Vol. 52, s. 135-141. Oslo.

- SIEDLECKA, A. 1973: The Late Precambrian Öst-Finnmark Supergroup - a New Lithostratigraphic Unit of High Rank. NGU 289, s. 55-60. Oslo.
- SIEDLECKA, A. 1975: Late Precambrian Stratigraphy and Structure of the North-Eastern Margin of Fennoscandian Shield (East Finnmark-Teman Region). NGU 316, s. 313-348. Oslo.
- SIEDLECKI, S. 1975: The Geology of Varanger Peninsula and Stratigraphic Correlation with Spitsbergen and North-East Greenland. NGU 316, s. 349-350. Oslo.
- SIEDLECKI, S. & B.K. LEVELL 1978: Lithostratigraphy of the Late precambrian Lökvikfjell Group on Varanger Peninsula, East Finnmark, North Norway. NGU 343, s. 73-85. Oslo.
- SIEDLECKI, S. 1980: Geologisk kart over Norge, berggrunns-kart Vadsö - M 1:250 000. NGU. Oslo.
- SJÖRS, H. 1963: Amphi-Atlantic zonation, Nemoral to Arctic, s. 109-125 i Löve, A. & D. Löve (ed.) 1963. North atlantic biota and their history. Oxford.
- SJÖRS, H. 1967: Nordisk växtgeografi. Bonniers. 239 s. Stockholm.
- SMED, P. 1978 a: Landskabskort over Danmark, blad 2, Midtjylland. Geografisk orientering, nr 4, s. 362. Köpenhamn.
- SMED, P. 1978 b: Landskabskort over Danmark. Texthefte til blad 2, Midtjylland. 16s. Geograforlaget. Brönderup.
- SOLLID, J.L. 1976 a: Kvartaergeologisk kart over Nord-Trøndelag og Fosen. En foreløpig melding. Norsk Geol. Tidsskr. Vol. 30, s. 25. Oslo.
- SOLLID, J.L. 1976 b: Deglaciation of Nord-Trøndelag and Fosen, Central Norway. Norsk Geogr. Tidsskr. Vol 30. Oslo.
- SOLLID, J.L. (ed.) 1983: Geomorfologiske og kvartaergeologiske registreringer med vurdering av verneverdier i 15 tiårsverne vassdrag i nord- og midt-Norge. Kontaktutvalget for Vassdragsreguleringen, Universitetet i Oslo. Rapport 55, m. vedlegg. 200 s. Oslo.
- SOLLID, J.L. & A. BJÖRKENES 1978: Genesis of moraines at Midtdalsbreen, South Norway. Norsk Geogr. Tidsskr. Bd 32. Oslo.
- SOLLID, J.L. & A.B. CARLSON 1980: Folldal. Beskrivelse til kvartaergeologisk kart 1:50 000 (1519 II). Norsk Geogr. Tidsskr. Vol. 34. No. 4, s. 191-212. Oslo.
- SOLLID, J.L. & L. SÖRBEL 1978: Deglaciation of southern central Norway. Norsk Geogr. Tidsskr. Bd 32. Oslo.
- SOLLID, J.L., A.B. CARLSON & B. TORP 1980: Trollheimen-Sundalsfjella-Opdal. Kvartaergeologisk kart 1:100 000. Kort beskrivelse till kartet. Norsk Geogr. Tidsskr. Vol. 34. No 4, s. 177-189. Oslo.
- SOLLID, J.L., S. ANDERSEN, N. HAMRE, O. KJELDSSEN, O. SALVIGSEN, S. STURÖD, T. TVEITÅ & A. WILHELMSSEN 1973: Deglaciation of Finnmark, North Norway. Norsk Geogr. Tidsskr. Bd 27. Hefte 4. s. 233-325. Oslo.
- SONESSON, M. 1968: Pollen zones at Abisko, Torne Lappmark, Sweden. Botaniska Notiser 21. 491-500. Lund.
- SOYEZ, D. 1971: Geomorfologisk kartering av nordvästra Dalarna jämte försök till värdering av terrängformerna för naturvårdssyften. Stockholms Universitets Naturgeografiska Institutionen. Forskningsrapport 11. 130 s. Stockholm.

- SOYEZ, D. 1975: Geomorfologiska kartbladen 23 E Sipmeke och 23 F Fatmomakke - Beskrivning och naturvärdesbedömning. SNV PM 539. 74 s. Statens naturvårdsverk. Solna.
- SPARKS, B.W. 1971: Rocks and Relief. Longman. 404 s. London.
- SPIRIDONOW, A.I. 1956: Geomorphologische Kartographie. UEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. 160 s. Berlin.
- SPJELDNAES, N. 1965: The eocambrian glaciation in Norway. Geol. Rundschau 54, s. 24-45. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart.
- SPOLANSKAYA, N.A. & V.P. EVSEYEV 1973: Domed-hummocky peat-bogs of the northern taiga in western Siberia. Biul. Perygl. nr 22, s. 271-283. Lodz.
- ST.-ONGE, D. 1964: Geomorphological map legends, their problems and their value in optimum land utilization. Geographical Bulletin. No 22, s. 5-12. Ottawa.
- STARKEK, L. (ed.) 1974: Legend for the geomorphological map of Poland 1:300 000. Studia Geographica 41. Brno.
- STEWART, G.A. (ed.) 1968: Land Evaluation. Macmillan of Australia. 392 s. Melbourne.
- STRAHAN, A. 1897: On Glacial Phenomena of Palaeozoic Age in the Varanger Fjord. Quart. Journ. Geol. Soc. 53, s. 137-156. London.
- STRÖMBERG, A.G.B. 1976: A pattern of tectonic zones in western part of the East European Platform. GFF. Vol. 98:3. No. 566, s. 227-243. Stockholm.
- STRÖMQUIST, L. 1973: Geomorfologiska studier av blockhav och blockfält i norra Skandinavien. UNGI Rapport 22. 161 s. Uppsala.
- STÄBLEIN, G. 1980: Die Konzeption der Geomorphologischen Karten GMK 25 und GMK 100 im DFG-Schwerpunktprogramm. Berliner Geogr. Abh. Heft 31, s. 13-30. Berlin.
- SVENONIUS, F. 1909: Om skärf- eller blockhaven på våra högfjäll. GFF. Bd 31, s. 169-181. Stockholm.
- SVENSSON, H. 1959: Glaciation och morfologi. En glacialgeografisk studie i ett tvärsnitt genom Skanderna mellan södra Helgelandskusten och Kustsjödalén. Meddelanden från Lunds Universitets Geografiska Institution. Avhandlingar XXXVI. 283 s.
- SVENSSON, H. 1962 a: Ice-wedges in fossil tundra polygons on the Varanger peninsula. SGÅ 38, s. 185-187. Lund.
- SVENSSON, H. 1962 b: Note on a type of patterned ground on the Varanger peninsula. Geogr. Ann. Bd 44 A, s. 413. Stockholm.
- SVENSSON, H. 1962 c: Några iakttagelser från palsområden. Flygbildsanalys och fältstudier i nordnorska frostmarksområden. Norsk Geogr. Tidskr. XVIII, s. 212-227. Oslo.
- SVENSSON, H. 1963: Tundra polygons. Photographic interpretation and field studies in North-Norwegian polygon areas. NGU 223, s. 298-327. Oslo.
- SVENSSON, H. 1964 a: Aerial photographs for tracing and investigating fossil tundra ground in Scandinavia. Biul. perygl. 14, s. 321-325. Lodz.
- SVENSSON, H. 1964 b: Structural observations in the minerogenic core of a pals. SGÅ 40, s. 138-142. Lund.



- SVENSSON, H. 1964 c: Traces of Pingo-Like Frost Mounds. Lund Studies in Geogr. Ser. A. Nr 30. Lund. (även SGÅ årg. 40, s. 93-106.)
- SVENSSON, H. 1964 c: Varangerhalvöns morfologi. Några allmänna synpunkter på den glaciala formbildningen i nordöstligaste Skandinavien. Ishavsekkursionen 16-29 aug. 1964. Lunds Univ. Geogr. Inst. (Dupl.), s. 5-11. Lund.
- SVENSSON, H. 1966: Där kölden formar marken. Den Norske Turistforen. Årbok 1966, s. 175-180. Oslo.
- SVENSSON, H. 1967: A tetragon patterned blockfield, s. 8-23 i Svensson, H., H. Källander, A. Maack & S. Öhrngren, 1967: Polygonal ground and solifluction features. Photographic interpretation and field studies in northernmost Scandinavia. Lund Stud. in Geogr. Ser. A. Phys. Geogr. No. 40. 67 s. Lund.
- SVENSSON, H. 1969 a: A type of circular lakes in northernmost Norway. Geogr. Ann. 51 A, h 1-2, s. 1-12. Stockholm.
- SVENSSON, H. 1969 b: Bigganjargga - tid för omvärdering. Lunds Univ. nat. Geogr. inst. Rapporter och Notiser, nr 4. 1969. Lund.
- SVENSSON, H. 1969 c: Deflationsyta vid Varangerfjorden. SGÅ 45, s. 150-155. Lund.
- SVENSSON, H. 1969 d: Frozen ground morphology of northernmost Norway. Proc. of the Helsinki Symp. on Ecology of Subarct. Reg. 1966. Helsingfors.
- SVENSSON, H. 1969 e: Open fissures in a polygonal net on the Norwegian arctic coast. Biul. Perygl. 19, s. 389-399. Lodz.
- SVENSSON, H. 1970: Fossila skandinaviska frostmarksformer. En jämförelse med recent permafrost på Spetsbergen och i Jakutien. GFF 92. Vol. 92, s. 323-335. Stockholm.
- SVENSSON, H. 1971: Några drag i Varangerhalvöns geomorfologi i belysning av nya flygfotografier. SGÅ 47, s. 7-28. Lund.
- SVENSSON, H. 1972: Nordvarangermoränen. Föredrag vid det X Nordiska Geologiske Vintermöte i Oslo 7 januari 1972. 8 s. (dupl.)
- SVENSSON, H. 1973: Randmoräner i ERTS-1 bilder. GFF 95, s. 146-149. Stockholm.
- SVENSSON, H. 1976: Pingo problems in the Scandinavian countries. Biul. Perygl. 26, s. 33-40. Lodz.
- SVENSSON, H. 1977: Observations on Polygonal Fissuring in Non-Permafrost Areas of The Norden Countries, s. 63-76 i Poser, H. (ed.) 1977. Formen, Formengesellschaften und Untergrenzen in den heutigen periglazialen Höhenstufen der hochgebirge Europas und Afrikas zwischen Arktis und Äquator. Bericht über e. Symposium. Abh. der Akad. der Wissenschaften in Göttingen. Mathem.-Phys. Klasse. Folge 3. Nr 31. 353 s. Vandenhoeck & Ruprecht. Göttingen.
- SVENSSON, H. 1982 a: Age determination of fossil ice-wedge polygons in nordic areas. Biul. Perygl. Nr 29, s. 245-252. Lodz.
- SVENSSON, H. 1982 b: Periglacialmorfologisk forskning i de nordiska länderna. Geografisk Tidskrift 82, s. 25-29. Köpenhamn.

- SVENSSON, H. 1982 c: Valley formation initiated by ice-wedge polygonal nets in terrace surfaces. *Biul. Perygl.* 29, s. 139-142. Lodz.
- SVENSSON, H., H. KÄLLANDER, A. MAACK & S. ÖHRNGREN 1976: Polygonal ground and solifluction features. *Lund Stud. in Geogr. Ser. A. Phys. Geogr.* No. 40. 67 s. Lund.
- SVENSSON, H., B. MALMSTRÖM, H.-Å. OLSSON & O. PALMÉR 1972: Nordvarangermoränen - en preliminär rapport. *Lunds univ. Nat. geogr. inst. Rapporter och Notiser* 13. 17 s. Lund.
- SVENSSON, H., K. LIDMAR-BERGSTRÖM, K. E. BERGSTEN, S. BEHRENS, S. NORDSTRÖM, J.O. MATTSSON, S. LINDQVIST, L. AMEEN & N. LEWAN 1973: Experiences of ERTS-1 imagery in geographical studies. *SGÅ* 49, s. 117-170. Lund.
- SYNGE, F.M. 1969: The raised shorelines and deglaciation chronology of Inari, Finland, and south Varanger, Norway. *Geogr. Ann. Ser. A. Vol.* 51, s. 193-206. Stockholm.
- SÖMME, A. 1968: A geography of Norden. *J.W. Cappelens forlag*, 343 s. Oslo.
- TVEITÅ & A. WILHELMSEN 1973: Deglaciation of Finnmark, North Norway. *Norsk Geogr. Tidskr. Bd* 27. Hefte 4. 325 s. Oslo.
- TABER, S. 1929: Frost heaving. *Journal of Geology*, 37, s. 428-461.
- TABER, S. 1930: The mechanics of frost heaving. *Journal of Geology*, 38, s. 303-317.
- TANNER, V. 1906: Studier öfver kvartärsystemet i Fennoskandias nordliga delar. I. Till frågan om ost-Finnmarkens glaciation och nivåförändringar. *Bull. Comm. Géol. Finlande.* No. 18. 165 s. Helsingfors.
- TANNER, V. 1907: Studier öfver kvartärsystemet i Fennoskandias nordliga delar. II. Nya bidrag till frågan om Finnmarkens glaciation och nivåförändringar. *Bull. Comm. Géol. Finlande.* No. 21. 127 s. Helsingfors.
- TANNER, V. 1915: Studier öfver kvartärsystemet i Fennoskandias nordliga delar. III. Om landisens rörelser och afsmältning i finska Lappland och angränsande trakter. *Bull. Comm. Géol. Finlande.* No 38. 815 s. Helsingfors.
- TANNER, V. 1930: Studier över kvartärsystemet i Fennoskandias nordliga delar. IV. Om nivåförändringarna och grundragen av den geografiska utvecklingen efter istiden i Ishavsfinland samt om homotaxin av Fennoskandias kvartära marina avlagringar. *Bull. Comm. Géol. Finlande.* No. 88. 594 s. Helsingfors.
- TANNER, V. 1937: Några ord i frågan om den sista landisens utbredningsgräns inom Fennoskandias nordliga delar. *GFF Bd.* 59. H. 1, s. 97-108. Stockholm.
- TANNER, V. 1938: Die Obenflächen gestaltung Finnlands. Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk. Utg. af Finska Vetenskaps-Societeten nr 86. 762 s. Helsingfors.
- TAYLOR, P.N. & K.T. PICKERING 1981: Rb-Sr Isotopic Age Determination on the late Precambrian Kongsfjord Formation and the Timing of Compressional Deformation in the Barents Sea Group, East Finnmark. *NGU* 367, s. 105-110. Oslo.
- THORNBURY, W.D. 1969: Principles of Geomorphology. 594 s. John Wiley & Sons, Inc. New York.

- TOLGENSBAKK, J. & J.L. SOLLID 1980: varao, kvartærgeologi og Geomorfologi. 1:50 000, 2535 IV. (karta). Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo.
- TRASK, P.D. 1932: Origin and environment of source sediments of petroleum. 323 s. Gulf Publishing Company. Houston.
- TRICART, J. 1955: A new instrument at the service of the agronomist: Geomorphological maps. African Soils - Sols Africains. Vol. IV, no. 1, s. 66-101.
- TRICART, J. 1956: Etude expérimentale du problème de la gélivation. Biul. Perygl. Nr 4, s. 285-318. Lodz.
- TRICART, J. 1965: Principes et méthodes de la géomorphologie. Masson et Cie, Editeurs. 24 s. Paris.
- TRICART, J. 1972: Normes pour l'établissement de la carte géomorphologique détaillée de la France, s. 37-105. Mémoires et Documents Année 1971, vol. 12. Paris.
- TUTIN, T.G. et al. 1964, 1968, 1972, 1976: Flora Europaea 1-4. Cambridge Univ. Press. London.
- TÖRNEBOHM, A.E. 1893: Forsök till en tolkning af det nordligaste Skandinavien fjällgeologi. GFF 149, s. 81-94. Stockholm.
- ULFSTEDT, A.-C. 1976: Geomorfologiska kartbladen 25 E Gräsvattnet och 25 F Umfors - Beskrivning och naturvärdesbedömning. SNV PM 731. 86 s. Statens naturvårdsverk. Solna.
- ULFSTEDT, A.-C. 1977: Geomorfologiska kartbladen 26 F Nasa-fjäll och 26 G Pieljekaise - Beskrivning och naturvärdesbedömning. SNV PM 860. 54 s. Statens naturvårdsverk. Solna.
- UNIRAS 1982 a: GEOPAK interpolation, users manual. 143 s. European Software Contractors A/S. Köpenhamn.
- UNIRAS 1982 b: GEOPAK. Users manual. 357 s. European Software Contractors A/S. Köpenhamn.
- UNIRAS 1982 c: RASPAK. Users manual. 154 s. European Software Contractors A/S. Köpenhamn.
- VASARI, Y. 1971: The vegetation zones of northern Scandinavia and their development during the post-glacial period, s. 38-48 i Bylund, E., H. Linderholm & O. Rune 1971. Ecological problems of the circumpolar area. Papers from the International Symposium at Luleå, Sweden, June 28-30, 1971. Norrbottens museum. Luleå.
- WASHBURN, A.L. 1973: Periglacial processes and environments. 320 s. Edward Arnold Ltd. London.
- WASHBURN, A.L. 1979: Geocryology. 406 s. Edward Arnold Ltd. London.
- WATSON, E. 1971: Remains of pingos in Wales and the Isle of Man. Geological Journal. Vol. 7, pt 2, s. 381-392.
- WATSON, E. & S. 1974: Remains of pingos in the Cletwr Basin, Southwest Wales. Geogr. Ann. Vol. 56, ser. A, h. 3-4, s. 213-225. Stockholm.
- VERSTAPPEN, H.Th. & R.A. von ZUIDAM 1968: ITC system of geomorphological survey. ITC Textbook of Photo-interpretation. Volume VII, chapter VII:2. 49 s. Delft.
- VERSTAPPEN, H.Th. 1970: Introduction to the ITC system of geomorphological survey. KNAG Geografisch Tijdschrift 4. 1, s. 85-91. Amsterdam.
- WASTENSON, L. 1982: Sveriges kartläggning under 1980-talet

- ett genombrott för fjärranalys och datorkartografi. SGÅ 58, s. 34-71. Lund.
- WELLVING, A. 1978: Ett system för terrängklassificering för militära ändamål med tillämpningar i Skåne och övre Norrlands kustland. FOA Rapport A 20025-D8. 253 s. Stockholm.
- WHITE, S.E. 1976 a: Is frost action really only hydration shattering? A Review. Arctic and Alpine Research. Vol. 8. No. 1, s. 1-6. Colorado.
- WHITE, S.E. 1976 b: Rock glaciers and block fields. s. 77-97. Quaternary Research. Vol. 6, nr 1, 124 s. Academic Press. New York.
- VIDAL, G. 1981: Micropalaeontology and Biostratigraphy of the Upper Proterozoic and Lower Cambrian Sequence in East Finnmark, Northern Norway. NGU 362, s. 1-53. Oslo.
- WILHELMY, H. 1958: Klimamorphologie der Massengesteine. 238 s. Georg. Westermann Verlag. Braunschweig.
- WILSON, L. 1968: Morphogenetic classification, s. 717-729 i Fairbridge, R.W. (ed.) 1968: Encyclopedia of geomorphology. 1 295 s. Rheinhold. New York.
- WIMAN, S. 1963: A Preliminary study of experimental frost weathering. Geogr. Ann. Vol. XLV, s. 113-121. Stockholm.
- WINTHER HANSEN, S. 1960: The Climate, s. 37-49 i Vorren, Ö. 1960. Norway North of 65. Tromsø Museum skrifter. Bd 8. Tromsø.
- VOGT, P.R. & N.A. OSTENSO 1973: Reconnaissance Geophysical Studies in Barents and Kara Seas - Summary, s. 588-598 i Pitcher, M.G. 1973: Arctic Geology. Am. Assoc. of Petrol. Geol. Tulsa. Oklahoma.
- VON GAERTNER, H.R. 1943: Bemerkungen über den Tillite von Bigganiargga am Varangerfjord. Geol. Rundschau 34, s. 226-231. Ferdinand Enkes Verlag. Stuttgart.
- VORREN, K.-D. 1972: Stratigraphical investigations of a palsa bog in northern Norway. Astarte 5, s. 39-71.
- VORREN, K.-D. 1978: Late and Middle Weichselian stratigraphy of Andöya, north Norway. Boreas 7, s. 19-38. Oslo.
- VORREN, T.O. & A. ELVSBORG 1979: Late Weichselian deglaciation and paleoenvironment of the shelf och coastal areas of Troms, north Norway - a review. Boreas. Vol. 8. Nr 2, s. 247-253. Oslo.
- WRAMNER, P. 1964: Fynd av palsar med mineraljordskärna i Sverige. GFF 86, s. 498-499. Stockholm.
- WRAMNER, P. 1972: Palslika bildningar i mineraljord. Några iakttagelser från Taaivavuoma, Lappland. GUNI Rapport 1. 60 s. Göteborgs universitets Naturgeografiska inst. Göteborg.
- WRÅÅK, W. 1908: Bidrag till skandinaviens reliefkronologi. Avtryck ur Ymer 1908. 98 s.
- YRGÅRD, A. 1980: Geomorfologisk kartläggning för naturvärdesbedömning och planering. En flygbildsmetodstudie i syd- och mellansvensk terräng. Statens naturvårdsverk, SNV PM 1339. 167 s. Solna.
- ZUIDAM, R.A. von 1982: Considerations on systematic medium-scale geomorphological mapping. Zeitschrift für Geomorphologie. N.F 26:4, s. 473-480. Berlin.
- ÅHMAN, R. 1967: Palsstudier i Nordnorge. SGÅ 43, s. 258-261. Lund.



- ÅHMAN, R. 1969: C14-datering av palsar, Nordnorge. SGÅ 45, s. 155-158. Lund.
- ÅHMAN, R. 1975 a: Palsstrukturer och palsmorfologi i Nordnorge. SGÅ 51, s. 223-232. Lund.
- ÅHMAN, R. 1975 b: The Structure and Morphology of Minerogenic Palsas in Northern Norway. Biul. Perygl. Bd 26, s. 25-31. Lodz.
- ÅHMAN, R. 1977: Palsar i Nordnorge. En studie av palsars morfologi, utbredning och klimatiska förutsättningar i Finnmarks och Troms fylke. Medd. fr. Lunds Univ. Geogr. Inst. Avh. LXXVIII. 165 s. Lund.
- ÅKERMAN, J. 1980: Studies on periglacial geomorphology in West Spitsbergen. Medd. fr. Lunds Univ. Geogr. Inst. Avh. LXXXIX. 297 s. Lund.
- ÅKERMAN, J. 1982: Observations of palsas within the continuous permafrost zone in eastern Siberia and in Svalbard. Geografisk tidskrift. Bd 82, s. 45-51. Köpenhamn.
- ÅM, K. 1975: Aeromagnetic Basement Complex Mapping North of Latitude 62°N, Norway. NGU 316, s. 351-374. Oslo.



- XXIX. *Folke Lägner*: Syd- och mellansvenska växtföljder. Del I. De äldre brukningssystemens upplösning under 1800-talet. (1955).
- XXX. *Olof Angeby*: Toppkonstans, erosionsytor och passdalar i Jämtland och Tröndelag. (1955).
- XXXI. *Gunnar Johnsson*: Glacialmorfologiska studier i södra Sverige. (1956).
- XXXII. *Folke Lägner*: Syd- och mellansvenska växtföljder. Del II. 1900-talet. (1956).
- XXXIII. *Olof Nordström*: Befolkningsutveckling och arbetskraftsproblem i östra Småland 1800-1955. (1957).
- XXXIV. *Sven Godlund*: Befolkning - regionsjukhus - resmöjligheter - regioner. (1958).
- XXXV. *Elis Pålsson*: Gymnasiers rekrytering och lokalisering. (1958).
- XXXVI. *Harald Svensson*: Glaciation och morfologi. En glacialgeografisk studie i ett tvärsnitt genom Skanderna mellan södra Helgelandskusten och Kultsjödalen. (1959).
- XXXVII. *Erik Ljungner*: Nahuel Huapi. Ein geographischer Querschnitt durch die Anden in Patagonien. (1959).
- XXXVIII. *Nils Lewan*: Om pendling mellan bostad och arbetsplats. En undersökning med material från sydvästra Skåne. (1960).
- XXXIX. *Ake Mattsson*: Morphologische Studien in Südschweden und auf Bornholm über die nichtglaziale Formenwelt der Felsenskulptur. (1962).
- XL. *Stig Nordbeck*: Framställning av kartor med hjälp av siffermaskiner. (1964).
- XLI. *Olof Nordström*: Svensk glasindustri 1550-1960. (1962).
- XLII. *Jan Davidsson*: Littoral Processes and Morphology on Scandian Flat-coasts. (1963).
- XLIII. *Martin Markgren*: Detaljmorfologiska studier i fast berg och blockmaterial. Geomorfologisk studie inom Fennoscandia med Skåne. (1962-1963).
- XLIV. *Martin Markgren*: Geomorphological Studies in Fennoscandia. II. Chute Slopes in Northern Fennoscandia. A. Regional Studies. (1964).
- XLV. *Martin Markgren*: Geomorphological Studies in Fennoscandia. II. Chute Slopes in Northern Fennoscandia. B. Systematic Studies. (1964).
- XLVI. *Lennart Améen*: Stadsbebyggelse och domänstruktur. (1964).
- XLVII. *Arvid Bergdahl*: Det glaciala landskapet. (1961).
- XLVIII. *Olof Nordström* - *Solveig Mårtensson*: Turism på Öland (1966).
- XLIX. *Jan O Mattsson*: The Temperature Climate of Potato Crops. (1966).
- L. *Nils Lewan*: Landsbebyggelse i förvandling. (1967).
- LI. *Gösta Nordholm*: Skånes äldre ekonomiska geografi. (1967).
- LII. *Sven Godlund* - *Torsten Hägerstrand* - *Bengt Svanström*: Samhällsutvecklingen och samhällsplaneringen. (1967).
- LIII. *Tor Fr Rasmussen*: Storbyutvikling og arbeidsreiser. (1966).
- LIV. *Erik Fagerlund* - *Harald Svensson* - *Sven Lindqvist m fl*: Infrarödtermografi. Principer och naturgeografiska tillämpningar. (1967).
- LV. *Lars Eldblom*: Structure fonciere, organisation et structure sociale. (1968).
- LVI. *Knut Norborg*: Jordbruksbefolkningen i Sverige. (1968).
- LVII. *Gunhild Weimarck*: Ulfshult (1968). Out of print.
- LVIII. *Rune Järvenstedt* - *Sven Lindqvist* - *Jan O Mattsson m fl*: Televisionssystem i naturgeografisk forskning. (1968).
- LIX. *Arne Jakobsson*: Omflyttningen i Sverige 1950-1960. (1969).
- LX. *Ake Hillefors*: Västsveriges glaciala historia och morfologi. (1969). Out of print.
- LXI. *Sven Lindqvist*: Bebyggelseklimatiska studier. (1970).
- LXII. *Torsten Hägerstrand*, *Gunnar Törnqvist m fl*: Urbaniseringen i Sverige. (SOU 1970:14).
- LXIII. *Bengt Sahlberg*: Interregionala kontaktmönster. Personkontakter inom svenskt näringsliv - en flygpasagerarstudie. (1970).



- LXIV. *Björn Hedberg*: Kontaktsystem inom svenskt näringsliv. En studie av organisationers externa personkontakter. (1970).
- LXV. *Mats G Engström*: Regional arbetsfördelning. Nya drag i förvärvsarbetsets geografiska organisation i Sverige. (1970).
- LXVI. *Torsten Persson*: Geomorphological Studies in the South-Swedish Highlands. (1972).
- LXVII. *Dewitt Davis Jr*: A factorial ecology of Malmö 1965. The social geography of a city. (1972). Out of print.
- LXVIII. *Zoltan Petery*: Studier i svensk regionplanering. Regionplanering enligt byggnadslagen i mindre regioner. (1972). Out of print.
- LXIX. *Tommy Book*: Stadsplan och järnväg i Norden. (1974).
- LXX. *Hans Abrahamson*: Studier i jordbrukets omstrukturering. (1974).
- LXXI. *Christer Persson*: Kontaktarbete och framtida lokaliseringsförändringar. (1974).
- LXXII. *Ulf Helldén*: Karst. En studie av Artfjällets karstområde samt jämförande korrosionsanalyser från Västspetsbergen och Tjeckoslovakien. (1974).
- LXXIII. *János Szegő*: Befolkningstäthet, markanvändning, planering (vol 1 o 2) (1974).
- LXXIV. *Raul Nino Guerrero*: Rural to Urban Drift of the Unemployed in Colombia. (1975).
- LXXV. *Ulf Erlandsson*: Företagsutveckling och utrymmesbehov. (1975).
- LXXVI. *Sture Öberg*: Methods of Describing Physical Access to Supply Points. (1976).
- LXXVII. *Bo Lennorp*: Paths in Space-time Environments. A time-geographic Study of Movement Possibilities of Individuals. (1976).
- LXXVIII. *Richard Åhman*: Palsar i Nordnorge. En studie av palsars morfologi, utbredning och klimatiska förutsättningar i Finnmarks och Troms fylke. (1977).
- LXXIX. *Björn Gyllström*: The Organization of Production as a Space-Modeling Mechanism in Underdeveloped Countries. (1977).
- LXXX. *Anders Järnegen - Fosco Ventura*: Tre samhällens förändringshistoria. Exploateringen av den fysiska miljön i historisk belysning. (1977).
- LXXXI. *Tommy Book*: Stadsplan och järnväg i Storbritannien och Tyskland. (1978).
- LXXXII. *Jan O Mattsson - Leif Börjesson*: Lokalklimatiska temperaturstudier inom ett skänkt fruktodlingsdistrikt med särskilt beaktande av fröstheden. (1978).
- LXXXIII. *Bjørn Terje Asheim*: Regionale ulikheter i levekår. (1979).
- LXXXIV. *Solveig Mårtensson*: On the Formation of Biographies in Space-Time Environments. (1979).
- LXXXV. *Erik Wallin*: Vardagslivets generativa grammatik - Vid gränsen mellan natur och kultur. (1980).
- LXXXVI. *Reinhold Castensson*: Välja för framtid - om markanvändningsval och förtroendemännainflytande i kommunal planering. (1980).
- LXXXVII. *Kerstin Montal*: Industri och vatten. Den vattenförorenande industrins lokaliseringsproblem i Malmöhus län. (1980).
- LXXXVIII. *Tommy Carlstein*: Time Resources, Society and Ecology. (1980).
- LXXXIX. *Jonas Åkerman*: Studies on periglacial geomorphology in West Spitsbergen. (1980).
- XC. *Leif Engh*: Karstområdet vid Lummelunds bruk, Gotland, med speciell hänsyn till Lummelundagrottan. (1980).
- XCI. *Karna Lidmar-Bergström*: Pre-Quaternary Geomorphological Evolution in Southern Fennoscandia. (1982).
- XCII. *Lars-Olof Olander*: Staten, kommunerna och servicen. (1984).
- XCIII. *Bo Malmström och Owe Palmér*: Glacial och periglacial geomorfologi på Varangerhalvön, Nordnorge. Geomorfologisk kartering med analys av glaciala former och blockhav. (1984).
- XCIV. *Franz-Michael Rundquist*: Hybrid Maize Diffusion in Kenya. (1984).